
Trabajo Fin de Grado

**REHABILITACIÓN DEL TÚNEL DE LAS
CALDAS DEL BESAYA**

**“REFURBISHMENT OF THE CALDAS OF
BESAYA’S TUNNEL”**

Para acceder al título de:

**GRADUADO EN INGENIERÍA DE LOS
RECURSOS MINEROS**

Autor: Jurado Aldaz, Adrian I

Director: Barral Ramón, Noemí

Convocatoria: Septiembre 2019

INDICE

Documento Nº1 Memoria descriptiva.....	7
Anejo Nº1 Introducción.....	9
Anejo Nº2 Antecedentes históricos.....	11
Anejo Nº3 Objetivos y alcance de la obra.....	16
Anejo Nº4 Localización de la obra.....	19
Anejo Nº5 Estudio del medio.....	33
Anejo Nº6 Estudio geológico.....	55
Anejo Nº7 Hidrología.....	76
Anejo Nº8 Estudio geotécnico.....	85
Anejo Nº9 Plan de obra.....	102
Anejo Nº10 Estudio de Seguridad y Salud.....	109
Anejo Nº11 Presupuestos para la administración.....	123
Documento Nº2 Planos.....	125
Documento Nº3 Pliego de prescripciones técnicas.....	133
Documento Nº4 Presupuesto.....	158
Documento Nº5 Bibliografía.....	165

DOCUMENTOS Nº1 – MEMORIA DESCRIPTIVA

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS**
- 3. OBJETIVO Y ALCANCE DE LA OBRA**
- 4. LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS**
- 5. ESTUDIO DEL MEDIO**
- 6. ESTUDIO GEOLOGÍA**
- 7. HIDROLOGÍA**
- 8. ESTUDIO GEOTÉCNICO**
- 9. PLAN DE OBRA**
- 10. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**
- 11. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN**

DOCUMENTOS Nº2 – PLANOS

PLANO N 1 – SITUACIÓN DE CANTABRIA Y ZONA DE PROYECTO

PLANO N 2 – LOCALIZACIÓN DEL TÚNEL

PLANO N 3 – REPRESENTACIÓN DEL TÚNEL DE LAS CALDAS

PLANO N 4 – SECCIÓN PRINCIPAL DEL TÚNEL

PLANO N 5 – SECCIÓN DE NO EJECUCIÓN

PLANO N 6 – SECCIÓN DE EJECUCIÓN DE OBRAS

PLANO N 7 – CÁLCULO DEL VOLUMEN DE HORMIGÓN PROYECTADO

DOCUMENTOS Nº3 – PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

PARTE I: INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

ARTÍCULO 100	NATURALEZA Y ÁMBITO DE APLICACIÓN
ARTÍCULO 101	DISPOSICIONES GENERALES
ARTÍCULO 102	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS
ARTÍCULO 103	INICIACIÓN DE LAS OBRAS
ARTÍCULO 104	DESARROLLO Y CONTROL DE LAS OBRAS
ARTÍCULO 105	RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA
ARTÍCULO 106	MEDICIÓN Y ABONO

PARTE II: UNIDADES DE OBRA

1. MATERIALES BÁSICOS

CAPÍTULO I: CONGLOMERANTES

ARTÍCULO 202 Cementos

CAPÍTULO II: METALES

ARTÍCULO 241 Mallas electro soldadas

2. EXPLANACIONES

CAPÍTULO I: TRABAJOS PRELIMINARES

ARTÍCULO 301 Demoliciones

3. FIRMES

CAPITULO I: RIEGOS BITUMINOSOS

ARTÍCULO 530 Riego de imprimación

4. TÚNEL

CAPITULO I: OBRA CIVIL DEL TÚNEL

ARTÍCULO 903 Sostenimiento en túneles

PARTE III: DISPOSICIONES GENERALES

1. PLAZO DE EJECUSIÓN
2. PLAZO DE GARANTÍA

DOCUMENTOS Nº4 – PRESUPUESTOS

- 1. MEDICIONES**
- 2. CUADRO DE PRECIOS Nº1**
- 3. CUADRO DE PRECIOS Nº2**
- 4. PRESUPUESTOS PARCIALES**
- 5. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN**

DOCUMENTO Nº 1

MEMORIA DESCRIPTIVA

Anejo Nº1
Introducción

La infraestructura viaria de Cantabria está constituida por un corredor principal formador por la carretera N-634 que discurre entre San Sebastián y Santiago de Compostela a lo largo de la costa cantábrica (Autovía del Cantábrico), recorre el País Vasco desde la frontera Francesa hasta Bilbao y desde Bilbao recorriendo la cornisa cantábrica hasta Galicia. [1] [2]

La red de infraestructura viaria compuesta por la carretera N-634 y la autopista A-8, atraviesa Cantabria de Este a Oeste y a su paso originan vías de comunicación en sentido Norte-Sur, las cuales atraviesan valles importantes en su recorrido, tales como: Valle del Besaya, Nansa, Pas, Saja, Deva y Asón. [3]

Es importante tener buenas vías de comunicación de este y oeste de la región, como también tener buenas comunicaciones desde la costa Cántabra hacia el interior de la meseta. Esta vía de comunicación, por su localización sirve de acceso a varios municipios situados en el interior de los diversos valles y numerosos pueblos pertenecientes a ellos.

Por otro lado, la gran expansión comercial de Cantabria y que actualmente solo tiene un acceso hacia la meseta en condiciones óptimas; la autovía A-67, la cual se ha visto comprometida en varias ocasiones por su tráfico causado por accidentes o por el mal tiempo.

La vía en cuestión atraviesa una de las regiones más frías de la comunidad, por lo que, en invierno la vía puede quedar cortada debido a las causas naturales o accidentes causados por lo mismo.

Cuando suceden estos accidentes viarios, el tráfico ha sido desviado a la carretera N-611 que se encuentra paralela y que tiene la misma función, conectar el Norte con el interior de la meseta. Es por ello que se necesita tener esta vía en buenas condiciones de circulación en todo su recorrido, pues es una importante vía de comunicación hacia el interior de la meseta y diversos valles y pueblos, en caso de que la autovía A-67 quede cortada. [5]

La carretera presenta un estado no muy bueno debido a su antigüedad y a su bajo mantenimiento. Es por ello que este proyecto tiene como finalidad, el reacondicionamiento de uno de sus tramos que se encuentra un estado avanzado de deterioro 'Túnel de las Caldas'

Anejo Nº2

Antecedentes históricos

- 1. Antecedentes históricos**
- 2. Datos de siniestralidad**
 - 2.1 Accidentes en la zona (N-611)**
- 3. Antecedentes técnicos**

1. Antecedentes históricos

En España se pueden encontrar muchas carreteras, pues es un país que tiene un gran número de carreteras nacionales que hoy en día se han visto convertidas, o el caso más común, sustituidas por autovías y autopistas.

La carretera N-611 es una de ellas, desde su construcción que se data de hace más de 75 años, ha sido una importante vía de comunicación entre la Costa Cantábrica y la Meseta Castellana.

El trazado de esta carretera ha tenido numerosas modificaciones a lo largo de su historia, siendo una de las más significativas, las que se realizaron en los años 1988 y 1991.

Hoy en día es una carretera activa que sirve como principal vía de comunicación entre los diversos valles y pueblos del interior, y como segunda opción de la autovía A-67 con cuya finalidad es el acceso hacia la Meseta Castellana y además,

La autopista A-67, llamada también; Autovía de la Meseta, fue construida en el año 1985 y terminada en Palencia en el año 2010. Actualmente está abierta en su totalidad, tiene de dos a tres carriles por sentido y que facilita la conexión de Cantabria con el resto de la Meseta Norte. [6]

2. Datos de siniestralidad

Según datos de la dirección general de tráfico, desde el año 2011 en adelante, se destaca un 75% de accidentes en vías interurbanas, siendo más precisos con el detalle; un 55% de estos accidentes se han producido en vías secundarias (carreteras Nacionales), estas carreteras tienen una tasa de siniestralidad muy alta debido a su carril de sentido único y que alguna de ellas se encuentran con un bajo nivel de mantenimiento. [4] [5]

Gran mayoría de las víctimas accidentadas, han sido víctimas mortales (hasta un 26%). Es un porcentaje bastante alto por lo que nos hace reflexionar sobre el estado y mantenimiento de nuestras vías secundarias.

2.1 Accidentes en la zona (N-611)

«Pensé que no volvería a ver a mis hijos»

Salva su vida al apearse del coche, averiado en medio del túnel de Las Caldas, instantes antes de que un camión se lo llevase por delante

MARIÑA ÁLVAREZ SANTANDER
Sábado, 30 abril 2011, 22:56



La biografía de Luis Urbistondo, argentino residente en Cantabria desde hace unos quince años, no concluía ayer. Por mucho que una suma de fatalidades le pusieran el 'The end' de frente, ahí está para contarlo y para volver a abrazar a sus hijos, que es lo primero que hizo, aún «shockeado», después de «volver a nacer».



Luis Urbistondo, delante de los bomberos y del amasijo de chatarra en el que quedó convertido su coche, arrastrado por un camión. :: SANE

Ilustración 2.1 Accidente en el túnel de las Caldas. Fuente: Diario montañés

La víctima, Pedro Antonio Salamanca, tenía 44 años y se dirigía por la vieja N-611 desde Mazcuerras a su lugar de trabajo en el polígono de Barros

M. ÁLVAREZ SANTANDER.
Miércoles, 25 abril 2012, 10:15



Su reloj de pulsera se quedó parado a las 8.20 horas. Una brutal colisión contra un muro de hormigón acabó ayer por la mañana con la vida de Pedro Antonio Salamanca Raba, un vecino de Villanueva de la Peña de 44 años que, como cada día, se dirigía en coche a trabajar al polígono industrial de Barros (Los Corrales de Buelna) por la nacional 611. Murió en el kilómetro 177, cuando, por causas que se desconocen, su Ford Escort se empotró contra el muro derecho justo antes de entrar en el túnel de Las Caldas del Besaya.

Ilustración 2.2 Accidente catastrófico en las cercanías del túnel. Fuente: Diario montañés

Aparatoso accidente en el tramo de N-611 que atraviesa el túnel de Las Caldas de Besaya



Estado en el que quedó el vehículo

El conductor resultó herido sin que en principio corra peligro su vida

NACHO CAVIA Santander
Martes, 28 junio 2016, 16:10



Una persona ha resultado herida como consecuencia de un aparatoso accidente de tráfico ocurrido a primera hora de la tarde en la Nacional 611 a su paso por Los Corrales de Buelna, en el túnel de las Caldas en sentido Reínoza.

Ilustración 2.3 Fuente: Diario montañés

Basándonos en la recopilación de casos de siniestralidad en carreteras nacionales españolas y especialmente, en la de nuestro proyecto; mejorar algunos de sus tramos para su correcta circulación.

La N-611, una vía de doble sentido, que precisa de mantenimiento en alguno de sus tramos con más porcentaje de accidentes. Por ejemplo: en algunos tramos es necesario eliminar curvas peligrosas, mejorar la visibilidad e incluso, el asfalto que se encuentra en mal estado debido a la antigüedad de la vía y en nuestro caso; mejorar las condiciones estructurales del Túnel de las Caldas.

1. Antecedentes técnicos

En Abril de 2011, el ministerio de fomento creó un concurso en el que se ha de presentar ideas para mejorar la red de comunicación Norte-Mesta: Carretera N-611.

Esta idea se tomó puesto que debe existir una segunda opción de acceso hacia la meseta en caso de que la Autovía A-67 quede cortada a causa de accidentes o el mal tiempo, mejorando además el acceso a los pueblos cercanos a esta.

En este concurso participan varias entidades de construcción viaria, entre ellas, la Universidad de Cantabria que fue elegida en Junio de 2012, como ganadora proponiendo la construcción de un túnel en el que se elimina una curva peligrosa en el tramo comprendido entre PK 166 y 167, a la altura del municipio de Arenas de Uguña.

[1] [2]

Anejo N°3

Objetivos y Alcance de la obra

- 1. Objetivo**
- 2. Alcance de la Obra**

1. Objetivo

El presente proyecto tiene como objetivo la rehabilitación estructural del túnel ubicado en uno de los tramos de la carretera N-611, comprendida entre los PK 177 y 178, a la altura de Las Caldas del Besaya.

El revestimiento interior del túnel se encuentra en un nivel bastante avanzado de deterioro debido a pequeñas filtraciones de agua que han provocado la oxidación de la malla de recubrimiento así como el deterioro y pérdida de las características mecánicas del hormigón proyectado.

Además, se pretende cumplir con los requisitos mínimos de seguridad ante la influencia de agua de filtración y colapso de estructuras próximas según se indica en el Real Decreto 635/2006, de 26 de Mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los Túneles y Carreteras del Estado.

El proyecto pretende:

- Eliminar las infiltraciones.
- Cambiar la estructura metálica de sostenimiento que se encuentra oxidada.
- Mejorar la capa de hormigón proyectado con altas prestaciones.

2. Alcance de la obra

La actual ejecución del proyecto tiene como objetivo principal, definir las obras necesarias para el cumplimiento de los requisitos mínimos de seguridad vial, en el túnel de las Caldas del Besaya. Es un túnel carretero ubicado en la Carretera N6-11 entre el PK 177 y PK 178, el cual consta de un carril por vía de 3.50 m, sin arcenes y con aceras irregulares por ambos lados.

Se necesita estudiar los siguientes parámetros para realizar el actual proyecto:

- Estudio Geológico
- Hidrológico
- Geotécnico
- Descripción de la obra
- Justificación del método elegido
- Método constructivo

-
- Cálculo del presupuesto

Mediante estudios geológicos y geotécnicos, se valorará los métodos más adecuados en cuanto a economía y plazo de ejecución, en sostenimiento y excavación.

Anejo Nº4

Localización de la obra

- 1. Comarcas**
- 2. Municipios**
- 3. Transporte**
- 4. Localización del proyecto**

Comunidad Autónoma de Cantabria

La comunidad Autónoma de Cantabria que se constituyó en Julio de 1778 en la casa de Juntas de Puente San Miguel y fue considerada como comunidad histórica en diciembre de 1998 según el Estado de Autonomía. [1]

Está delimitada con cinco provincias autónomas; en el este está delimitada con el País Vasco (provincia Vizcaya), el sur con Castilla y León (provincias de León, Palencia y Burgos), en el oeste con el Principado de Asturias y al norte con el mar Cantábrico. Santander es su capital y localidad más poblada.

Está situada en la franja de tierra existente entre el mar Cantábrico y la cordillera Cantábrica, franja denominada también como cornisa Cantábrica. Está constituida por 10 Regiones Comarcales las cuales constituyen 102 municipios, de los cuales uno de ellos presenta un enclave en Vizcaya; el Valle de Villaverde. [7]

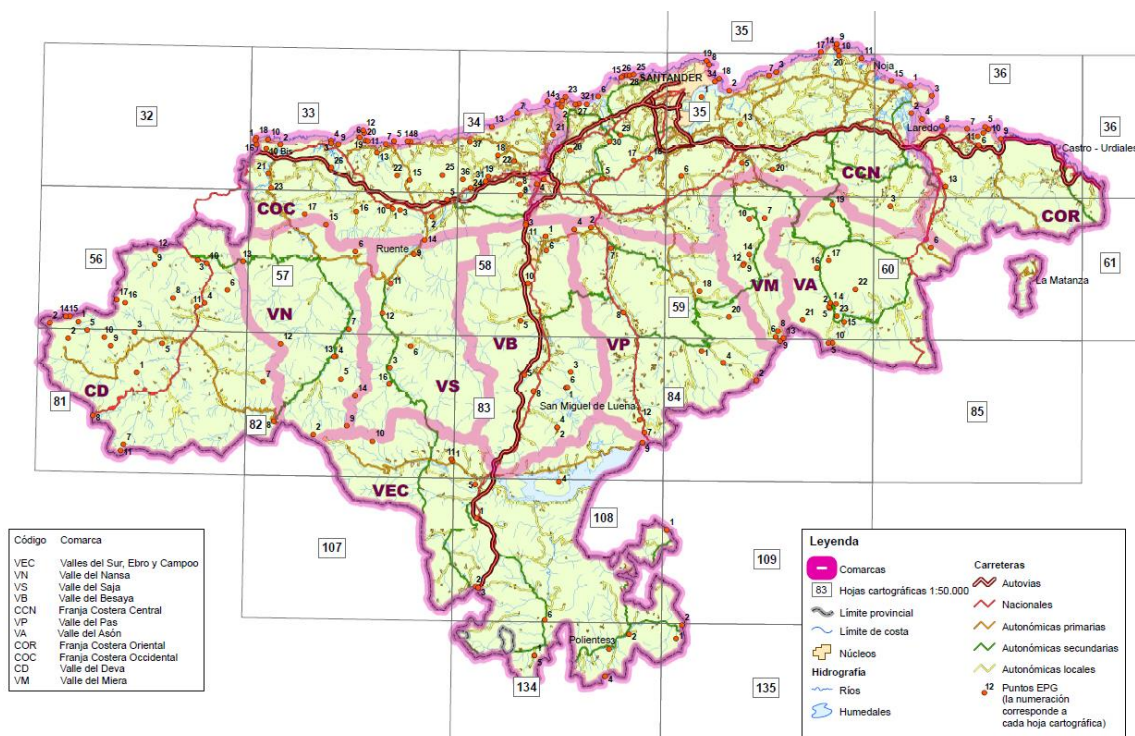


Ilustración 4.1 Mapa de las vías de Cantabria. Fuente: zonu.com

1. Comarcas

En abril de 1999 se crea la ``Ley 8/1999 de Comarcas de la Comunidad de Cantabria'', en donde consta que la comarca es una entidad necesaria integrante de la organización territorial de la región. [1]

Esta ley fomenta la creación de entidades comarcales, impulsando así el desarrollo comercial en Cantabria.

Hoy en día las comarcas en la comunidad de autónoma de Cantabria, no tienen un carácter administrativo y están poco definidas. Las únicas comarcas bien definidas dentro del territorio Cántabro son: Liébana debido a su condición geográfica en los Picos de Europa, Trasmiera y por último, Campoo-Los Valles, situada en el valle de Rio Ebro. [7]

Por otra parte, las comarcas que normalmente son utilizadas por parte de la administración del Gobierno de Cantabria son:

- *La Comarca del Asón-Aguera:* Comarca rural en la que se encuentran los tramos de río más altos de ríos Asón y Aguera que se encuentran muy cerca del límite con Vizcaya. Su capital comarcal es ramales de la Victoria.
- *La Comarca del Besaya:* Tiene un carácter industrial, su capital es la ciudad de Torrelavega y se extiende a lo largo del río Besaya, el cual actúa como eje corredor por el que transcurren las principales vías de comunicación.
- *La Comarca de Campoo-Los Valles:* Es la comarca más grande de Cantabria, ocupa toda la zona sur de la comunidad y su capital es Reinosa. Presenta un carácter principalmente rural excluyendo las principales zonas industriales de Reinosa, Mataporquera y Matamorosa. Últimamente esta comarca ha sufrido importantes procesos de despoblación y desindustrialización.
- *La Comarca de la Costa Oriental:* De tendencia urbana con una zona altamente turística. Está comprendida desde el límite con la provincia de Asturias hasta Santillana del Mar. Sus principales localidades turísticas son: Comillas y San Vicente de la Barquera.
- *La Comarca de Liébana:* Es la comarca mejor definida de la Comunidad debido a su orografía a modo de gran hoya rodeada por los Picos de Europa.

Como consecuencia de su orografía, esta comarca tiene un difícil acceso a su capital; Potes. Esto se debe a que gran parte de su terreno lo componen zonas altas de montañas.

- *La Comarca de Saja-Nansa:* De carácter totalmente rural, discurre desde la comarca del Besaya hasta llegar al límite con Asturias. Su capital es Cabezón de la Sal.
- *La Comarca de Santander:* Comarca de gran importancia debido a su carácter altamente industrial y urbano. Su capital es Santander que fue constituida por el propio municipio.
- *La Comarca de Trasmiera:* Actualmente es una de las comarcas con más crecimiento gracias al sector turístico, en especial a los municipios más cercanos a la costa. Parte desde la Bahía de Santander hasta su capital; Santoña.
- *La Comarca de los Valles Pasiegos:* Constituida por los valles de Toranzo, Carriedo, Cayón y Pas. Es una comarca de carácter rural, su límite con varias comarcas a su alrededor, ha provocado que su población se movilice hacia comarcas más industrializadas como Torrelavega y Santander. [7]



Ilustración 4.2 Comarcas de Cantabria. Fuente: Diario montañés

2. Municipios

De acuerdo con la organización territorial recogida en el artículo 137 de la Constitución Española de 1978, Cantabria cuenta con 102 municipios reconocidos actualmente, los cuales forman varias localidades junto con numerosos pueblos. Tienen su propio Ayuntamiento el cual se encarga de administrar los territorios de la zona. [7]



Ilustración 4.3 Municipios de Cantabria. Fuente: Blog mapas de Cantabria.

3. Transporte y Comunicaciones

La construcción de vías en el territorio cántabro viene determinada por la dificultad de su orografía con un relieve importante a lo largo y ancho del territorio. Desde el norte a sur (ruta utilizada para acceder a la Meseta Castellana), como de este a oeste (principal vía de comunicación entre los distintos valles y accesos a Asturias y el País Vasco).

Los recursos destinados a la construcción de infraestructuras terrestres, en el norte, han sido escasos si lo comparamos con otras partes de España. Esto se debe a la orografía del terreno que genera costes muy elevados de construcción.

La problemática orografía de la región ha incrementado los costes kilométricos de construcción, en carreteras y ferrocarriles.

Por otro lado, cabe destacar el Puerto de Santander. La historia del Puerto y Santander, están ligadas desde hace varios siglos, desde su construcción hasta hoy en día que se encuentra activo turístico e industrialmente.

En cuanto al transporte aéreo se refiere, Santander tiene un pequeño y único aeropuerto ``Aeropuerto de Santander-Severiano Ballesteros`` con gran crecimiento turístico. Hoy en día, gracias a su gran número de destinos que ofrece, su tráfico aéreo es creciente. [8]

Transporte aéreo

- Aeropuerto de Santander-Severiano Ballesteros



Ilustración 4.5 Fuente: [Blog viajando desde Santander.](#)

Transporte marítimo

- Puerto de Santander – Zona Industrial



Ilustración 4.6 Puerto industrial de Santander. Fuente: puertodesantander.es

- Puerto de Santander – Zona Turística (Santander-Plumouth. UK)



Ilustración 4.7 Estación marítima de Santander. Fuente: Diario alerta.

Transporte por carretera

- Autovía Cantabria-Meseta (A-67) Santander-Palencia



Ilustración 4.8 Fuente: Carreteras de Cantabria

- Autovía del Cantábrico (A-8) Irún-Santiago de Compostela



Ilustración 4.9 Fuente: grupoporteo.com

- Nacional (N-611) Santander-Palencia



Ilustración 4.10 Fuente: Recorrido ciclistas Cantabria.



Ilustración 4.11 Tramo de la N 611. Fuente: jal-jones.com

- Nacional (N-621) Unquera-León



Ilustración 4.12 Tramo de la N-621. Fuente: visauair.com

- Nacional (N-634) Irún-Santiago de Compostela



Ilustración 4.13 Tramo de la N-634. Fuente: [Diario el ideal Gallego](#).

Transporte por ferrocarril

- Ferrocarril de vía estrecha. Santander-Oviedo/Bilbao



Ilustración 4.14 Fuente: [Diario montañés](#).

- Ferrocarril de vía ancha. Santander-Palencia/Valladolid/Ávila/Segovia/Madrid



Ilustración 4.15 Fuente: [Diario el independiente](#).

4. Localización del proyecto

El proyecto en cuestión, se sitúa en la Comunidad Autónoma de Cantabria, en la comarca del Besaya, concretamente en la localidad de Las Caldas del Besaya perteneciente al municipio de Los Corrales de Buelna.

El túnel de proyecto, se encuentra situado en la carretera Nacional N-611, comunica la zona costera del norte (Santander) con la Meseta Castellana (Palencia), siendo también una de las principales vías de comunicación entre las distintas localidades de mayor población en la comunidad.

Las localidades más pobladas por las cuales discurre son: Reinosa, Los Corrales de Buelna, Torrelevega y Santander.

El tramo de proyecto está comprendido entre los municipios de Los Corrales de Buelna y el municipio de Cartes; concretamente entre los kilómetros 177 y 178 y según el sistema de coordenadas ETRS89, ubica el túnel en los siguientes puntos:

- Entrada sur del Túnel:

X	432975.63	Latitud	43°17'51.2''
Y	407435.32	Longitud	4°04'27.7''

- Entrada norte del Túnel:

X	432960.07	Latitud	43°17'45.6''
Y	407402.91	Longitud	4°04'26.5''

[9]

Mapa de España visión satelital



Ilustración 4.16 Localización de Cantabria-España. Fuente: Google earth.



Ilustración 4.17 Carreteras de Cantabria / Localización de las Caldas del Besaya. Fuente: Carreteras de Cantabria

Localización del Túnel de las Caldas del Besaya



Ilustración 4.18 Localización del túnel de las Caldas. Fuente: Google maps.

Anejo N°5

Estudio del medio

- 1. Estudio climático**
 - 1.1 Estudio del clima en España**
 - 1.2 Estudio del clima en Cantabria**
 - 1.3 Estaciones climáticas de Cantabria**
 - 1.4 Clima en la Zona de Estudio**
 - 1.5 Precipitaciones en Cantabria**
 - 1.6 Precipitaciones en la zona de estudio**
 - 1.7 Temperaturas en Cantabria**
 - 1.8 Temperatura en la zona**
 - 1.9 Nieve en la zona de estudio**
 - 1.10 Heladas en la zona de estudio**
 - 1.11 Niebla en la zona de estudio**
- 2. Flora**

1. Estudio Climático

1.1 Estudio del clima en España

Gracias a la orografía y sus latitudes medias de la parte templada del hemisferio Norte, La Península Ibérica goza de una diversidad climática muy variada, desde aires subtropicales hasta llegar a tener aires frío polares.

La península tiene una variada orografía llegando en algunos casos a ser difícil (casos de difícil orografía en el Norte de la Península), también cuenta con una variada situación geográfica la cual hace que el país tenga una notable diversidad climática.

Es posible tener temperaturas frescas de entre 15° C y 40° C en verano, clima oceánico húmedo con precipitaciones que rondan los 2500.mm y clima mediterráneo en donde las precipitaciones anuales no superan los 200mm.

Las temperaturas varían de forma septentrional ascendente de norte a sur. En la parte nórdica de la península, las temperaturas pueden variar de entre 10° C a 15° C, mientras que en la parte del sur entre 25 y 40° C. Así mismo, cuenta con un notable cambio de temperaturas de los océanos que rodean el país, el mar cantábrico en el norte con bajas temperaturas mientras que el mar mediterráneo en el sur, con temperaturas más elevadas y agradables. [10]



Ilustración 5.1 Mapa climático de España. Fuente: AEMET.

1.2 Estudio del clima en Cantabria

Cantabria como muchas de las comunidades del norte de La Península Ibérica, gozan de un clima bastante agradable si lo comparamos con el clima de otras comunidades del país.

Debido a su orografía y a su posición geográfica, el territorio cántabro tiene un clima bastante complejo, es decir, las predicciones meteorológicas en varias regiones pueden llegar a varias de un momento a otro, y como consecuencia resulta difícil su predicción exacta.

Su difícil predicción y sus cambios repentinos de tiempo hacen que el tópico ``En Cantabria siempre llueve o hace mal tiempo`` llegue a ser erróneo.

Por otro lado, cabe destacar que Cantabria tiene un clima bastante similar al clima de Europa Occidental, clima de tipo Oceánico de acuerdo con clasificación climática de Köppen.

El clima de Cantabria es templado y húmedo similar al de los regiones de los costas del Oeste de Europa, Sureste de América Latina (Chile) y sureste de Australia.

Según el tipo Cfb de la clasificación climática de Köppen, define a estas regiones como templadas mesotermiales, las cuales no tienen un verano caluroso y no presenta sequía alguna en ninguna parte. Las temperaturas medias anuales de los meses con la temperatura más elevada son de entre 22º y 23º C.

Uno de los ejemplos más característicos de la región es Santander y toda la costa cantábrica, en donde, las precipitaciones anuales llegan a rondar los 1200 l/m², el mes más caluroso llega a tener 24º C de media temporal y el invierno con 7º e incluso 8º C. [11] [12]



Ilustración 5.2 Mapa climático de Cantabria. Fuente: AEMET.

1.3 Estaciones climáticas de Cantabria

- **Invierno:** El invierno en Cantabria se caracteriza por tener dos tipos de comportamientos: uno de carácter estable y otro inestable.
 - Estable: El mal tiempo suele producir anticiclones que provienen del nordeste. Cuando este anticiclón llega a La Península Ibérica, impide la llegada de las lluvias, dando paso al tiempo frío, seco y a la vez, soleado. El periodo de duración ronda entre 15 a 45 días.

- Inestable: Los vientos procedentes de frentes fríos del norte, cubren por completo las montañas Cántabras. Normalmente, cuando suceden estos cambios yacen vientos procedentes del sur dando lugar a cambios bruscos de tiempo.

Las temperaturas suben drásticamente, se puede pasar de temperaturas invernales de 7º C a temperaturas veraniegas de 23º C en cuestión de días.

En Santander y toda la costa cántabra las temperaturas medias anuales rondan los 10º C mientras que en los Picos de Europa, en la localidad de Potes, las temperaturas rondan los 8º C.

Los valles del interior son los lugares más fríos de Cantabria, algunos de ellos llegan a tener temperaturas bajo cero, - 6º C en comarcas meridionales e incluso llegando a tener - 10º C en algunos casos. [11]

- **Primavera:** La primavera cántabra es una época con grandes cambios de contraste; puede llegar a tener en un solo día tres tiempos distintos: sol, lluvia y frío.

El ambiente invernal va dando paso a los vientos procedentes de la costa, es por esta razón que el clima se ameniza tanto en temperatura como en precipitaciones dando paso a cortos periodos de buen tiempo gracias a la aparición del viento nordeste.

Como consecuencia de la cercanía del Mar Cantábrico que conserva el frío invernal, provoca un gran número de nieblas matinales en la zona más próxima a la costa y en las partes bajas de las desembocaduras de los ríos.

En esta época del año son muy frecuentes las tormentas, en especial en el interior de los valles. También es conocida por sus cambios bruscos de clima, en una jornada se empieza con un día lluvioso con viento o incluso granizo y a las pocas horas se puede tener un día soleado con vientos provenientes del sur. [11]

- **Verano:** El verano cántabro es una de las épocas más especiales del año por su agradable temperatura de brisas y tormentas inesperadas que se inician en el interior de los valles trasladándose hacia la costa mientras va aliviando en su paso el ambiente veraniego.

Cantabria se caracteriza por su verano con el clima muy suave tanto en precipitaciones como en temperaturas, con una duración de vientos estables provenientes del nordeste sin llegar a alterar los tiempos frescos y húmedos de corta duración de la región.

Los vientos que predominan en el transcurso de primavera-invierno, son los que provienen del oeste que a menudo producen lloviznas por estancamientos, conocidos como ``Morriña``.

Los meses con menos precipitaciones del año son los de verano; julio y agosto en donde el tiempo normalmente es seco y apacible. También es la época de olas de calor que se forman en el oeste y a lo largo del día avanzan hacia el interior del litoral.

Como consecuencia de la orografía cántabra, el verano es más notorio en sus costas a principios de Julio y poco más tardío en el interior del litoral; a mediados de julio es cuando el verano llega con total resplandor hacia la zona interior de los valles. [11]

- **Otoño:** El otoño en Cantabria es época de lluvias y vientos del sur, varían desordenadamente siendo muy común también, encontrarse con los dos: lluvia con fuertes vientos.

El mes con las mayores precipitaciones de esta época del año es Noviembre. Se debe al paso continuo de sistemas de bajas presiones que provienen de latitudes muy bajas.

El recorrido del aire es bastante característico de la región que empieza su recorrido en el sur y terminan mezclándose con vientos provenientes del nordeste afectando así, a todo la costa cantábrica con precipitaciones que se convierten muchas veces en lluvia o en el peor de los casos, nieve (cuando cae nieve en zonas altas, normalmente graniza en la franja de la costa).

Durante la época del otoño, el clima al principio de la estación de mantiene ligeramente suave en temperatura, en temperatura y en viento.

Es la época de las primeras nevadas en los Valles del Interior y casualmente, aparecen las primeras nevadas con ella en las partes más elevadas de las montañas. [11]

1.4 Clima en la Zona de Estudio

La zona de proyecto se encuentra ubicada en la Cuenca del Besaya en donde el clima invernal es relativamente soportable y el clima veraniego, fresco. La media anual de temperatura en invierno es de unos 7º C mientras que en los veranos 20º C.

La cuenca del Besaya tiene el típico clima de Europa Occidental caracterizado por sus inviernos húmedos y veranos ligeramente frescos.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, es del tipo Cfp por sus características generales de inviernos soportables con temperaturas de 7º C y veranos frescos con temperaturas de 23º C.

La zona de estudio exacta está ubicada en la localidad de Las Caldas del Besaya, tiene una alta humedad proveniente por la cantidad significativa de lluvia que tiene al año e incluso en los meses más secos.

La temperatura promedio anual en Las Caldas del Besaya es de 13.4ºC con precipitaciones medias aproximadas de 936 mm. [13]

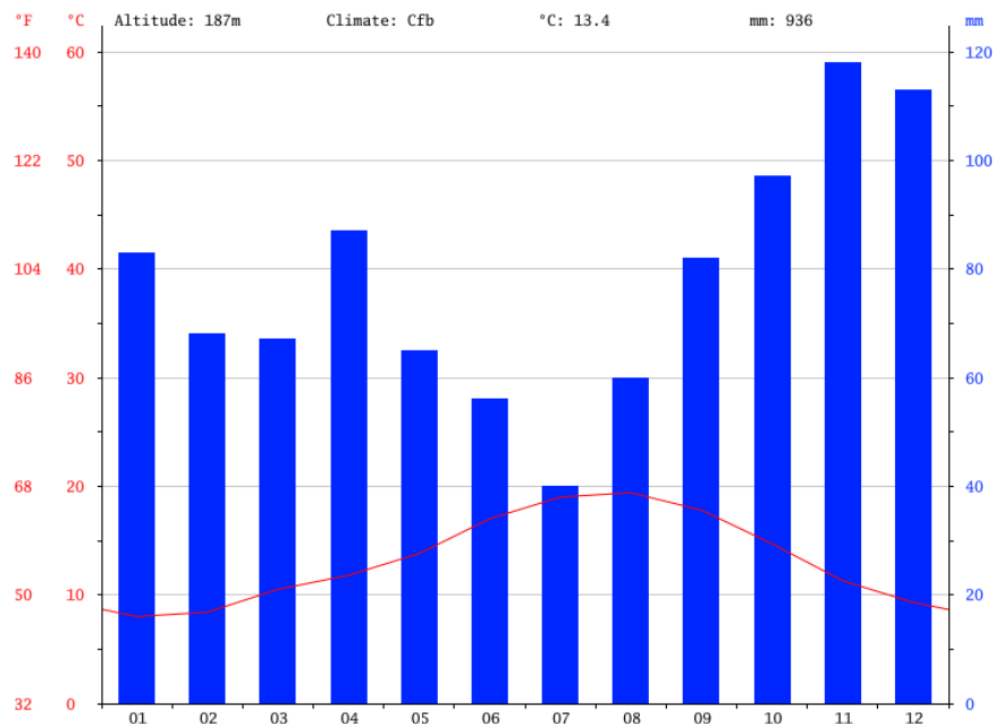


Ilustración 5.3 Climograma de las Caldas del Besaya. Fuente: Climate data of Las Caldas del Besaya.

1.5 Precipitaciones en Cantabria

De acuerdo con su situación geológica y orográfica, Cantabria está situada en una zona con abundantes precipitaciones en forma de lluvia, llovizna, nieve, agua nieve o granizo.

A continuación se cita un texto de la *Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)* en donde detallada la *Pluviometría de Cantabria Durante el Período 1981-2010*, el cual nos dará una idea más acertada de cuan lluviosa es Cantabria.

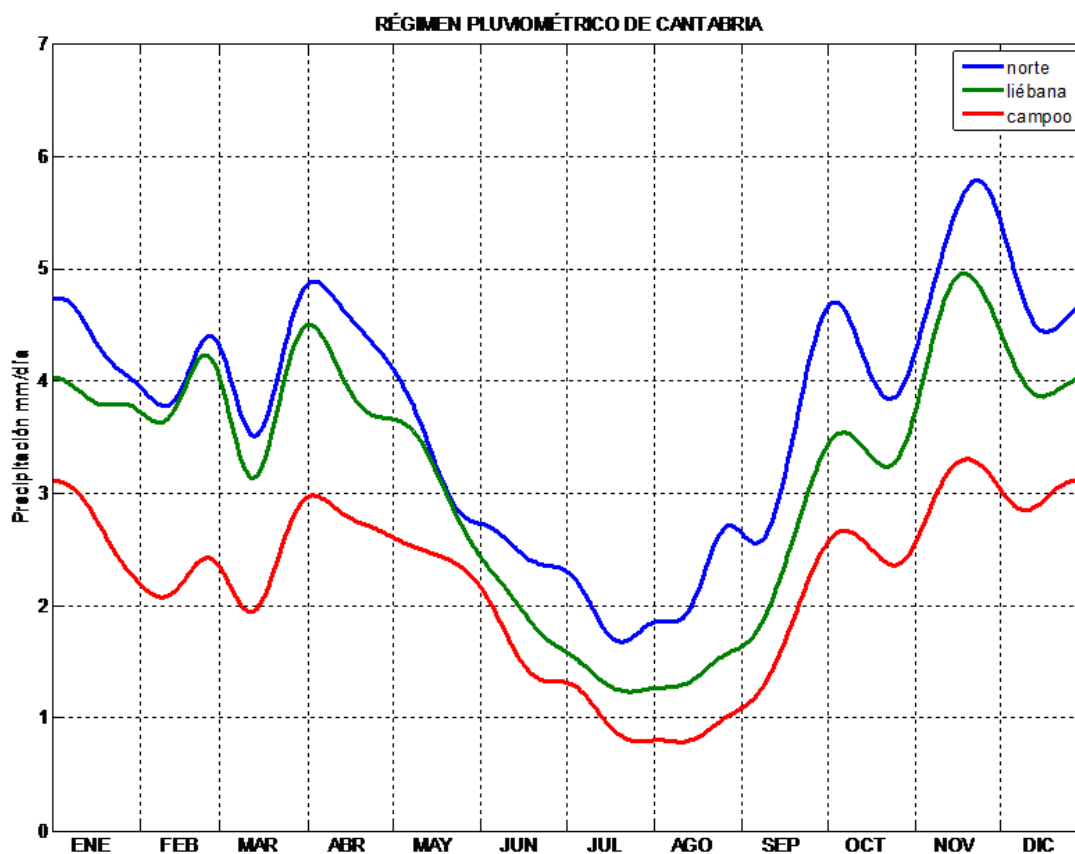


Ilustración 5.4 Régimen pluviométrico de Cantabria. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

“ Se ha realizado una agregación de la precipitación a partir del dato diario, para tres zonas diferentes de Cantabria, obteniendo el régimen temporal que se muestra en la figura.

Como se puede apreciar claramente en la figura, sin contradecir a modelo simple de la escala mensual, en el período de 1980-2010 se produjeron oscilaciones muy significativas de escala intra-estacional.

Aparecen 5 máximos, el absurdo de noviembre, el secundario de abril que muestra tener casi la mitad inmerso en marzo, el tercero en navidad, el cuarto entre septiembre y octubre y el quinto a final de febrero.

Asimismo hay otros 5 mínimos, el principal, en verano, centrado entre julio y agosto, el secundario y bien conocido de mediados de marzo, un tercero a principios de febrero, el cuarto a finales de octubre y el quinto y muy significativo por encontrarse en plena época de lluvia, centrado entre la segunda y tercera semana de diciembre.

El hecho es que estas oscilaciones aparezcan por igual en las tres zonas, indica que son perturbaciones osciladas a grandes sistemas de presión que promediados durante el período de 1981-2010 mostraron, como se ha constatado que estas oscilaciones afectan a todo distrito peninsular. ''[12]

Rafael Ancell Trueba y Ramón Célis Díaz, Delegación Territorial de Cantabria.



Ilustración 5 Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

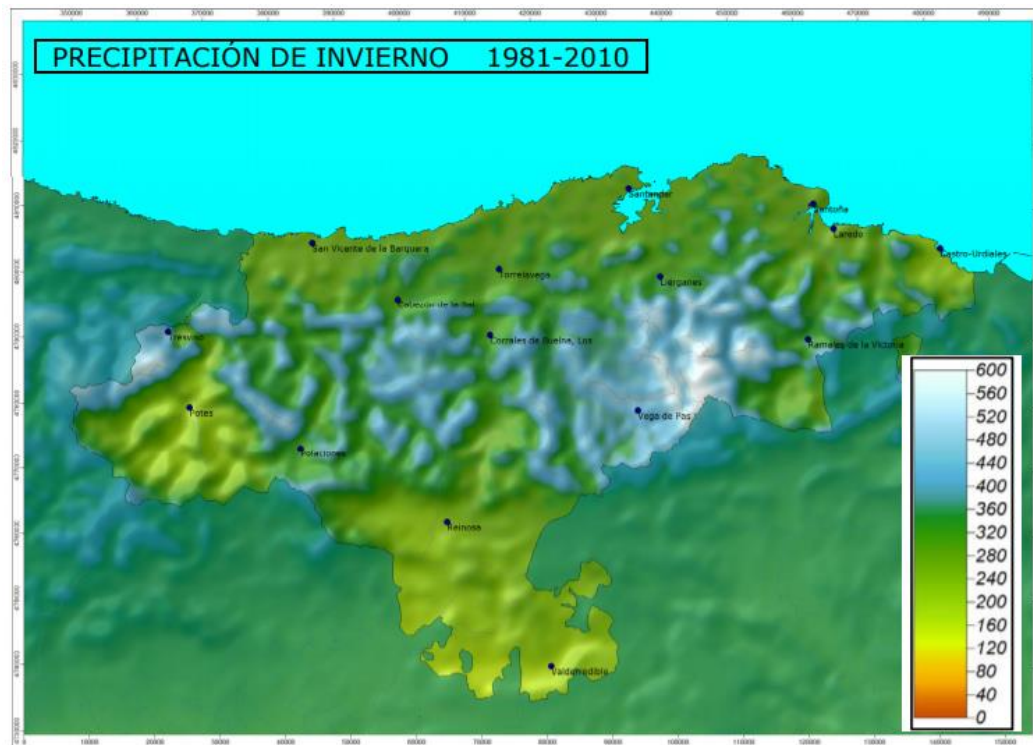


Ilustración 6 Precipitaciones invernales en Cantabria. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).



Ilustración 7 Precipitaciones primaverales en Cantabria. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).



Ilustración 8 Precipitaciones de verano en Cantabria. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

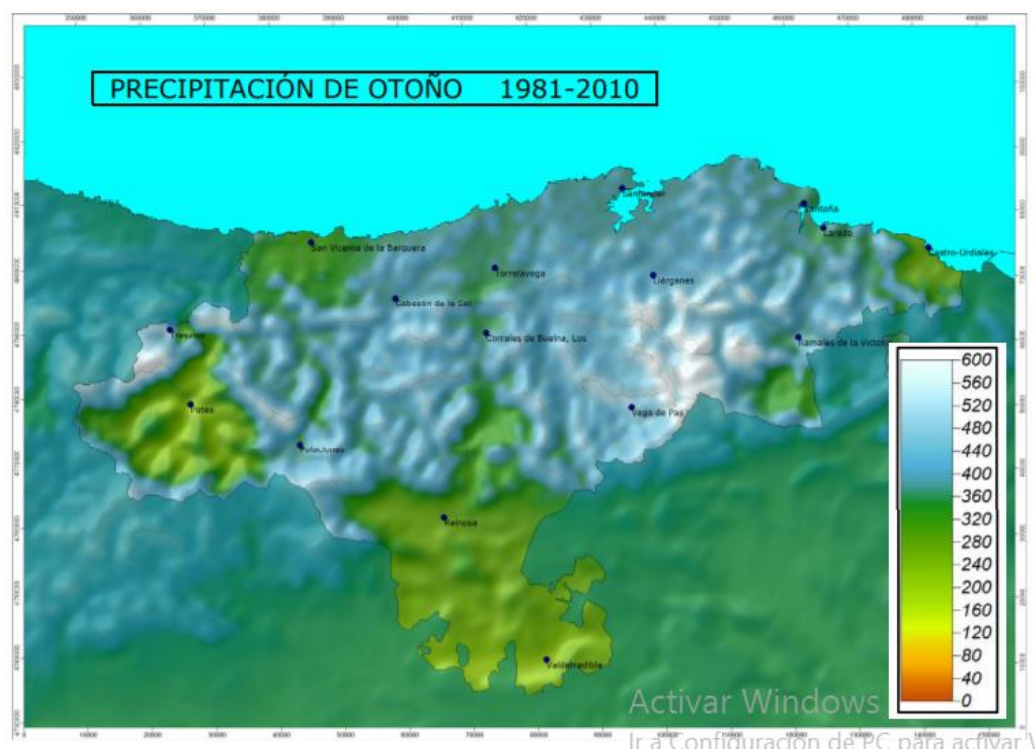


Ilustración 9 Precipitaciones de otoño en Cantabria. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Analizando las imágenes de la Distribución Espacial de la Precipitación Media Anual (mm) en Cantabria, se llega a la conclusión de que las zonas con precipitaciones más significativas están ubicadas en las Comarcas del Asón-Aguera y Saja-Nansa con 1500 a 2000 mm/año mientras que las zonas con precipitaciones más bajas en Campoo-Los Valles y Liébana con una acumulación anual de 700 a 800 mm/año. [12]

1.6 Precipitaciones en la zona de estudio

	Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Octu	Novie	Dici
Precipitaciones (mm)	83	68	67	87	65	56	40	60	82	97	118	113

Según datos oficiales recogidos por *CLIMATE-DATA.ORG*, los meses con mayores precipitaciones en la zona de estudio son; Octubre, Noviembre y Diciembre, mientras que los meses con menores precipitaciones son Junio, Julio y Agosto. [13]

1.7 Temperaturas en Cantabria

El régimen termométrico anual cántabro es regular, obteniendo sus valores medios más elevados en el mes de agosto y el más bajo en el mes de enero, con un pequeño desfase térmico de 10 días entre la zona del litoral y la zona del interior; éste desfase térmico se debe a la inercia térmica del mar cantábrico.

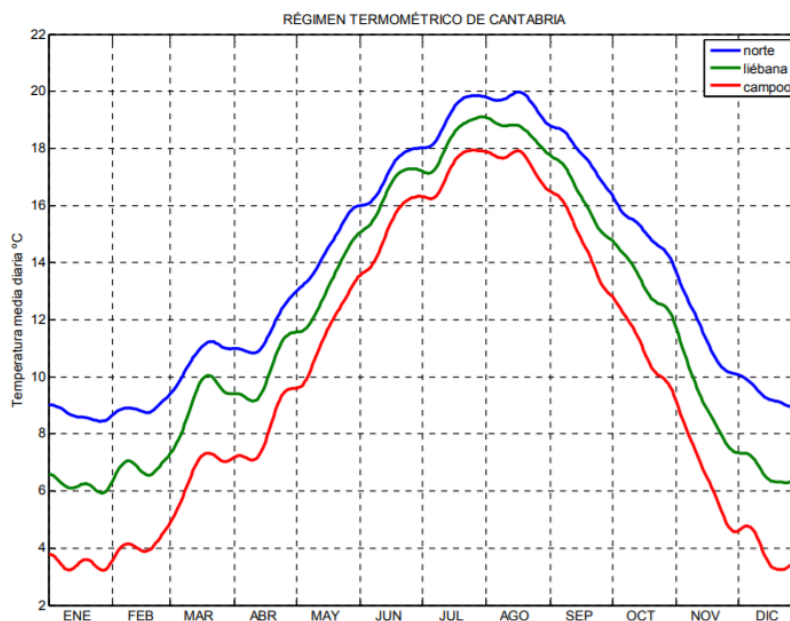


Ilustración 10 Régimen termométrico de Cantabria. Fuente: Agencia estatal de Meteorología (AEMET).

“ Si se observa la distribución espacial de temperaturas, los valles cántabros más fríos son Polaciones, Hermandad de Campoo de Suso, Campoo de Yuso, Enmedio, Valdeolea, Valdeprado del Río y Valderredible con temperaturas medias claramente inferiores a 10° C y temperaturas mínimas absolutas anuales en torno a -15° C.

Las zonas más templadas, aparte de toda la franja litoral, son los valles del Besaya, Pas y Asón, así como el del Carranza entre Cantabria y Vizcaya, con Medías ligeramente superiores a los 14° C y máximas absolutas anuales en torno a los 35° C.

Como norma general, válida para toda la región, se observa un descenso térmico con la altura de unos 0.5° C cada 100 metros. Este es un valor medio, que no se mantiene en el día a día; por ejemplo, en las mañanas anticiclónicas de los valles interiores, debido a que durante la noche el aire frío de las alturas se ha hundido al fondo de los valles por su mayor densidad, estos pueden ser tanto o más fríos que las cumbres, Cano R. (1993). ” [12]

Rafael Ancell Trueba y Ramón Célis Díaz, Delegación Territorial de Cantabria.



Ilustración 11 Fuente: Agencia estatal de Meteorología (AEMET).

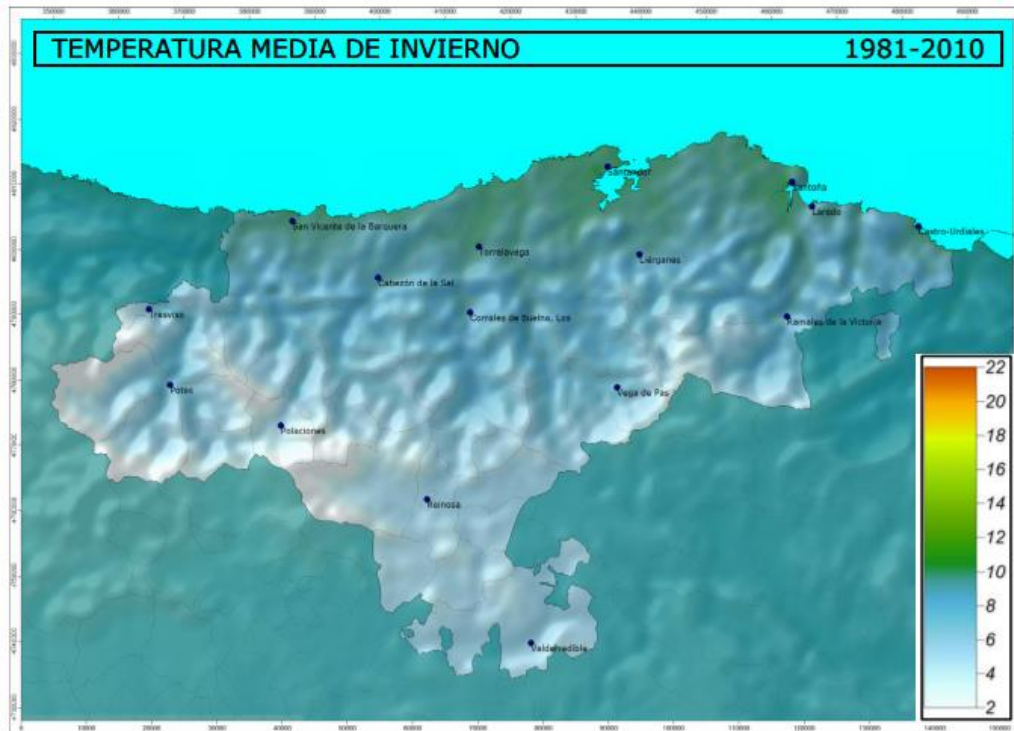


Ilustración 12 Temperatura media invernal en Cantabria. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

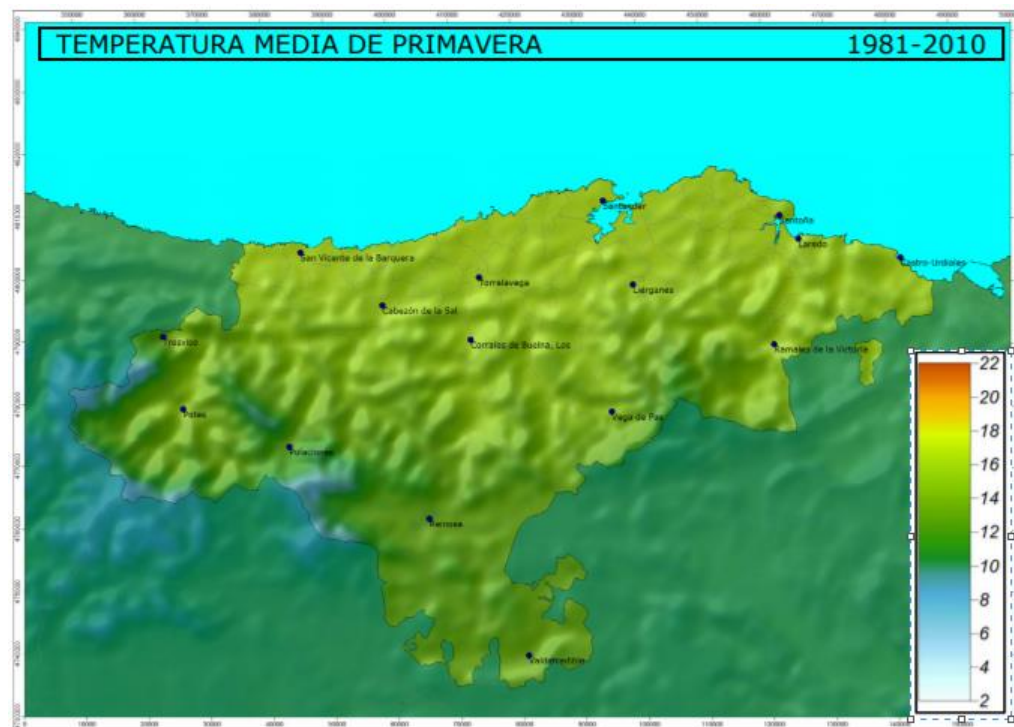


Ilustración 13 Temperatura media de la primavera en Cantabria. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

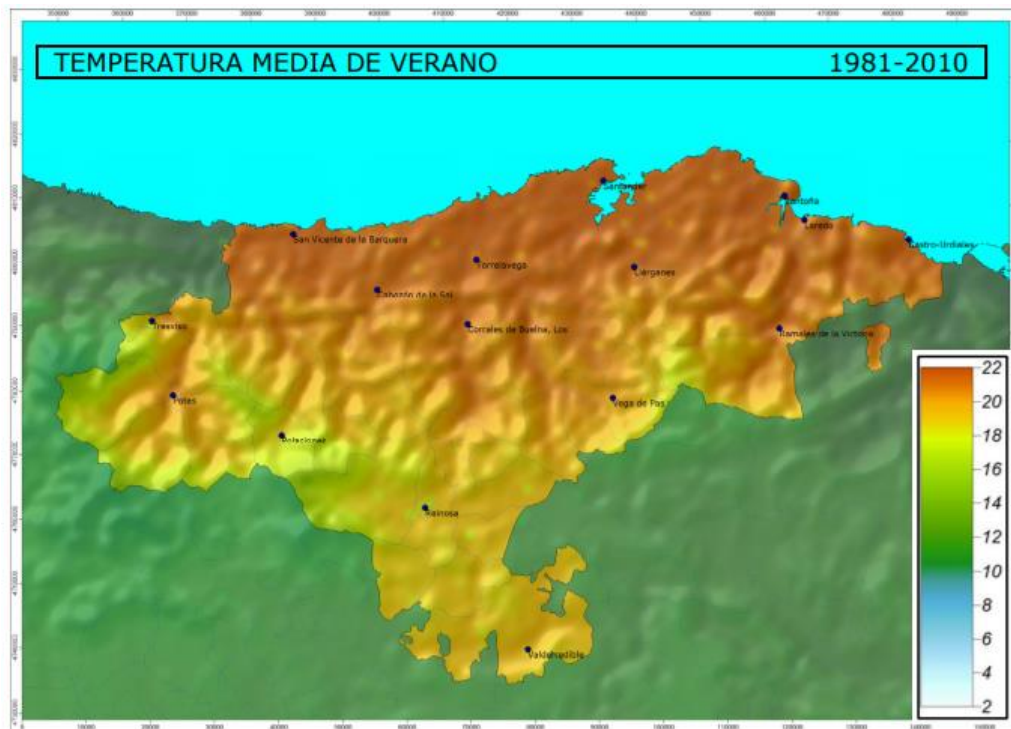


Ilustración 14 Temperatura media de verano. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

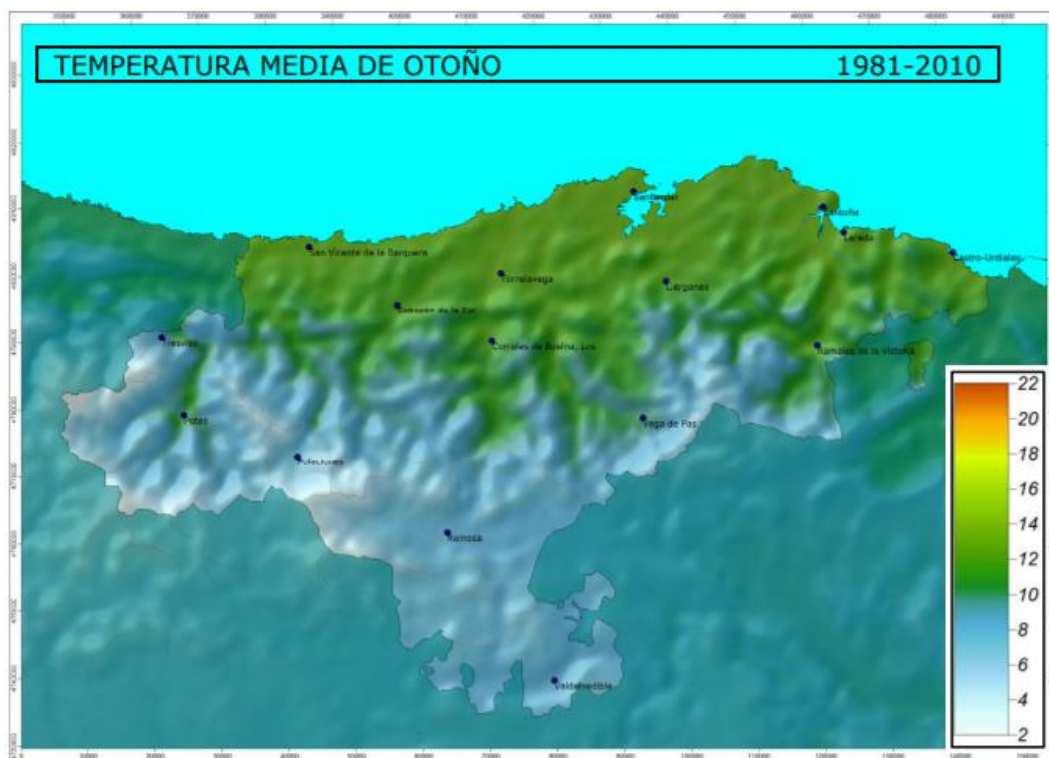


Ilustración 15 Temperatura media de otoño en Cantabria. Fuente: Agencia estatal de Meteorología (AEMET).

1.8 Temperatura en la zona

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	8	8,4	10,5	11,08	13,8	17	19	19,4	17,8	14,7	11,3	9,3
Temperatura min (°C)	5,2	5,4	7	8,2	10,4	13,4	15,3	15,7	14,01	11,2	8,2	6,5
Temperatura máx (°C)	10,9	11,5	14,1	15,5	17,3	20,6	22,7	23,1	21,6	18,3	14,5	12,1

Según datos oficiales recogidos por *CLIMATE-DATA.ORG*, los meses con las temperaturas más bajas son: Diciembre, enero, febrero y marzo. [13]

1.9 Nieve en la zona de estudio

En la zona de ubicación del proyecto es extremadamente inusual ver nieve ya que se encuentra en una zona en la cual se han registrado muy pocas nevadas en largos periodos de tiempo, y las que lo han hecho han sido relevantes sin llegar a provocar consecuencias en el medio.

1.10 Heladas en la zona de estudio

Las heladas en la zona son bastante comunes y pueden afectar de manera directa a la maquinaria utilizada ya que fácilmente, al ser maquinaria de gran tonelaje, pueden resbalarse y ocasionar percances inesperados.

1.11 Niebla en la zona de estudio

La niebla es otro de los factores meteorológicos que hay que tener en cuenta en esta zona. Son muy comunes y algunas veces llega a ser muy peligroso debido a que su gran densidad dificulta la visibilidad y aumenta el riesgo de tener algún tipo de accidente.

2. Flora

La flora de Cantabria se caracteriza por tres factores de gran importancia, transcurridos a lo largo de la historia. El clima, la composición del suelo que se ve afectado directamente por el tipo de roca y las formaciones vegetales en el transcurso de la historia evolutiva.

El territorio cántabro se divide en dos regiones biográficas con sus característicos tipos de flora. Por un lado está el extremo meridional en donde la flora es del tipo mediterránea, y por otro, el tipo eurosiberiana que ocupa la mayor parte de Cantabria.

La frontera de estos dos tipos de flora tiene un efecto directo y único en las características de los paisajes de la región. [1] [8]

La vegetación se adapta a dos tipos de sustratos:

1. Sustrato con predominio de calizas: característico en Peña Cabarga o en Los Picos de Europa en donde los suelos presentan un escaso desarrollo debido a la gran cantidad de rocas aflorantes por toda esta región. La flora predominante es la Calcícola la cual abunda en el sector oriental en donde abunda el tipo de sustrato.
2. Sustratos con predominio de areniscas, arcillas, limolitas: Son un tipo de roca que suministra muy pocos nutrientes al suelo. Es característico de las zonas altas de montaña y en casi toda la región cántabra. La flora que predomina es la de tipo Acidófila.

Una de las maneras para describir los paisajes vegetales es viendo las distintas etapas bioclimáticas distribuidas de manera ascendente con respecto a su altitud. Se diferencian cuatro tipos de escalones: El de colina, el de montaña, el subalpino y el alpino.

Horizonte de Colina

La distribución aproximada de este nivel es desde el mar hasta unos 500/600 metros de altitud. Presenta un paisaje vegetal mayoritariamente de prados y siegas que han sido sustituidos por antiguos bosques para beneficio de alimentación de ganado vacuno. Es la zona que mayor cambio ha sufrido a causa del desarrollo humano, presenta una gran alteración del ecosistema ya que se han construido infraestructuras y es una zona en donde se asienta la mayor parte de la población. [1]

Los paisajes vegetales que se incluyen en estos territorios costeros son

- Dunas

-
- Flora Litoral
 - Rías y marismas
 - Prados de siega
 - Bosques mixtos caducifolios
 - Encinares

Horizonte de Montaña

Están comprendidos aproximadamente entre los 500 y 1600 metros de altitud. A esta altura se pueden encontrar abundantes bosques de característica homogénea y con poca diversidad de florística, esto se debe a que en esta altura el efecto de las heladas las hace desaparecer.

En este nivel la presencia humana con respecto a la vegetación es muy reducida, abundan los matorrales y sobre todo la vegetación de bosque predominante a lo largo de la historia. Su presencia se ve sobre todo en zonas como: cabeceras de los valles y en zonas con pendiente pronunciada en donde es accesible para el hombre. [1]

El tipo de vegetación lo constituyen varios tipos de árboles tales como:

- Robledales de *Quercus robur* *cajigales* roble común
- Robledales de roble albar
- Robledales de rebollo
- Robledales de quejigo
- Hayedos
- Abedurales
- Alcornales
- Brezales

Horizonte subalpino

Este horizonte se localiza a partir de los 1600 y 1700 metros de altitud de manera aproximada. Es la típica vegetación presente en Los Picos de Europa y parte de la cordillera occidental de Cantabria, con un característico paisaje de pastizales, tuberas y varios tipos de matorrales de alta montaña. [1]



Ilustración 16 Pastizal de los valles cántabros. Fuente: elrincóndesele.com

Horizonte alpino

Es la última zona en donde se puede encontrar vegetación, solo la precede las cumbres montañosas de los Picos de Europa. Este hábitat se puede encontrar a partir de los 2200 metros de altitud en donde abunda la presencia de nieve y de grandes relieves del abrupto terreno que impide en impide el desarrollo del suelo. [1]

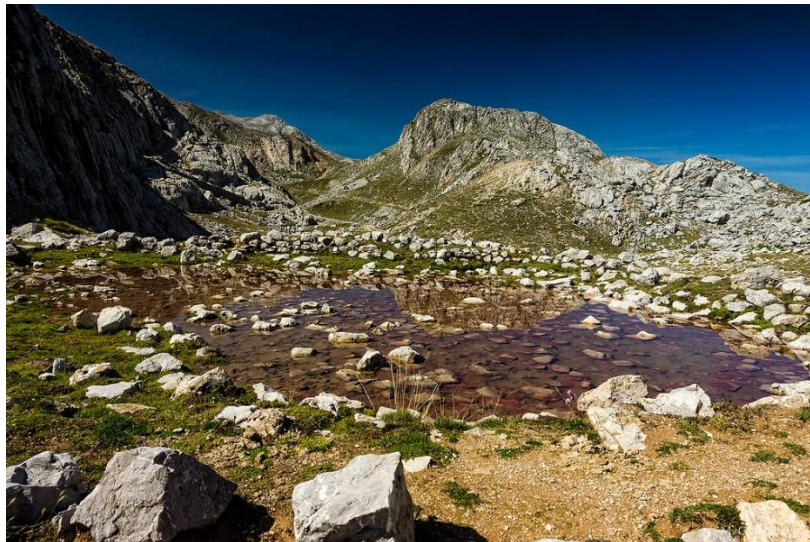


Ilustración 17 Tresviso-Cantabria. Fuente: hiveminer.com

2.1 Flora en la zona de estudio

La zona de proyecto se encuentra debajo una pequeña montaña de margo-calizas en donde aún afloran árboles autóctonos de la región de Los Corrales de Buelna como: robledales, hayas y castaños. En los alrededores, próximos a la zona de proyecto se destaca una castañera emblemática junto al convento de Las Caldas, además del ecosistema rico de avellanas de Coó.

En cuanto a la fauna, es muy reducida a causa del desarrollo industrial creciente de sus alrededores y en especial el del Polígono de Barros.

Anejo Nº 6

Estudio geológico

- 1. Síntesis geológica de Cantabria**
 - 1.1. Distribución espacial de los materiales geológicos**
 - 1.2. Descripción estratigráfica**
- 2. Geología de la zona**
 - 2.1. Estratigrafía de la zona**
- 3. Conclusiones**

1. Síntesis geológica de Cantabria

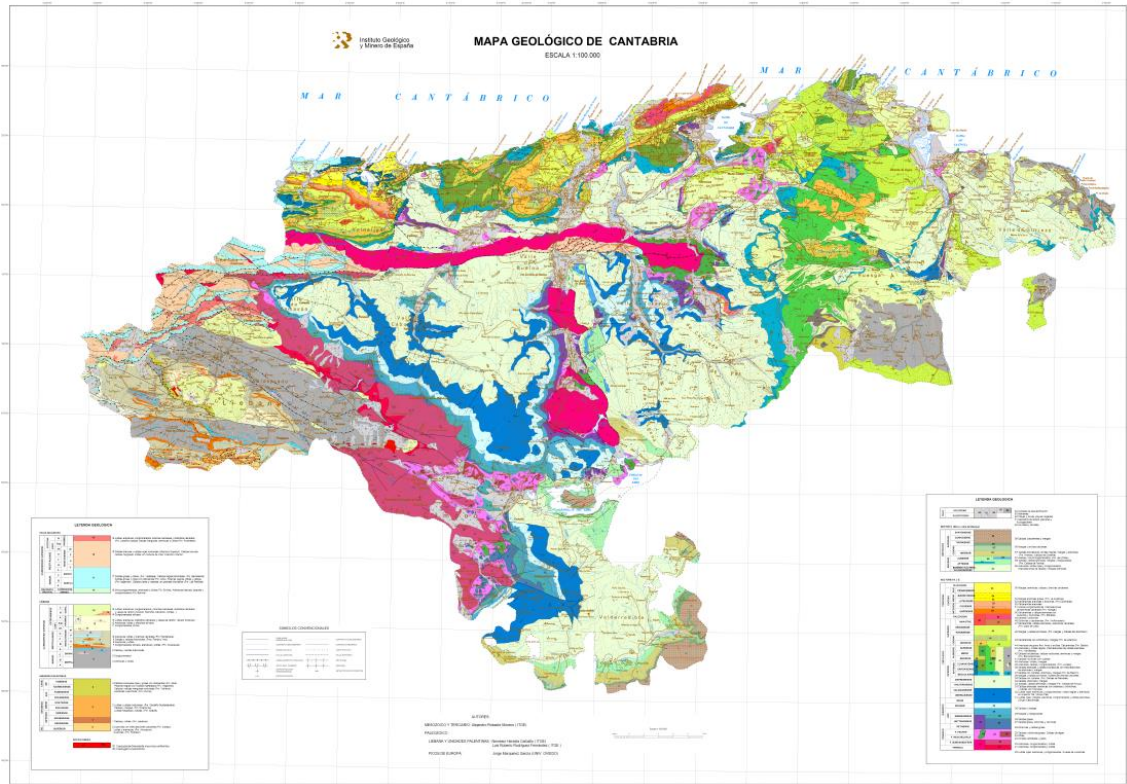


Ilustración 6.1 Mapa Geológico de Cantabria. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.

1.1 Distribución espacial de los materiales geológicos según sus edades

Las rocas de la Comunidad Autónoma de Cantabria cuentan con un registro de formación rocosa de hace más 500 millones de años geológicos, desde el Paleozoico hasta nuestro tiempo actual.

El territorio cántabro ésta constituido por un 77.4% de su superficie regional perteneciente a la era Mesozoica de los cuales un 55% corresponde al período Cretácico. Un 13.6% corresponde a la era Paleozoica.

Un 9% corresponde a la era Cenozoica en donde el 7% a la era Cuaternaria y un 1.2% a la era Terciaria. [15]

Estratigrafía de Cantabria

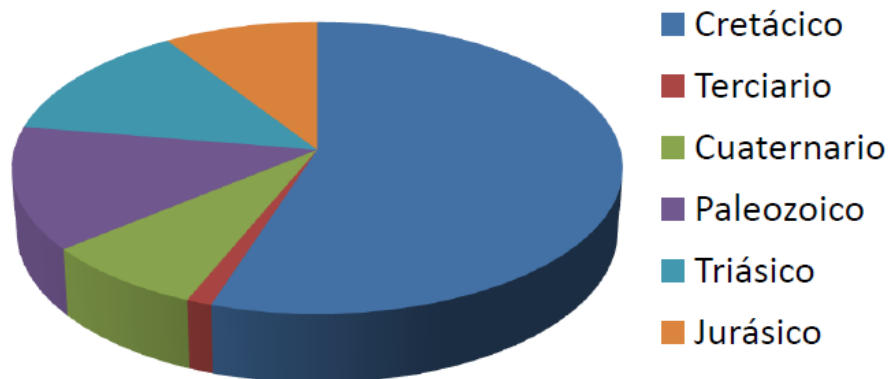


Ilustración 6.2 Estratigrafía de Cantabria. Fuente: Open Course Ware (OCW) / Prof. José Díaz Terán

Este periodo de tiempo está caracterizado porque ocurrieron los procesos de formación de sedimentaria los cuales dieron paso a al levantamiento a las cordilleras de la comunidad (Picos de Europa – Potes).

1.2. Descripción estratigráfica

- **El Paleozoico (I)**

Son terrenos que se localizan en la parte más extrema del Occidente Cántabro, constituyen gran parte de la cuenca sedimentaria Paleozoica en el límite oriental de la zona astur-leonesa.

Los terrenos más antiguos son aquellos que están representados por Cuarcitas Ordovícicas, presentando una edad geológica de 450 m.a. estos terrenos son los se hallan en la explanada de la sierra de Pechón y Prellezo.

También se pueden encontrar estratos de la era Devónica en una edad de 360 m.a. en Liébana: cuarcita, pizarra, arenisca y caliza.

Por otro lado cabe destacar los materiales paleozoicos pertenecientes al Carbonífero que se encuentran ubicados en dos distintas de la región: Liébana y Los Picos de Europa. [15]

En Los Picos de Europa existen las formaciones más significativas de la región, están constituidas mayoritariamente con grandes formaciones carboníferas de Caliza las cuales han originado los escarpados de macizo en toda la cadena de Los Picos de Europa.

Liébana por otro lado está formando por una cimentación del carbonífero muy variada, desde; pizarras, grauvacas, areniscas e incluso hasta llegar a tener grandes masas de conglomerados que se extienden por los valles.

Dominio de caliza carbonífera en Los Picos de Europa.



Ilustración 6.3 Caliza carbonífera masiva en los Picos de Europa. Fuente: Diario leonés.

Afloramiento de Cuarcita Ordovícicas (450 m.a.)



Ilustración 6.4 Fuente: Open Course Ware (OCW) / Prof. José Díaz Terán

Areniscas y Lutitas del Carbonífero (Dominio en Liébana)



Ilustración 6.5 Fuente: Open Course Ware (OCW) / Prof. José Díaz Terán

- **El paleozoico (II)**

La parte dominante de la cadenada montañosa más antigua se encuentra en Los Picos de Europa y Liébana. Se formaron en el norte y oeste de la actual Península Ibérica hace unos 360 m.a. en el denominado Macizo Hespérico o también, denominado Hercínico de la Placa Ibérica.

El tipo de roca predominante en los Picos de Europa es la Caliza, este tipo de roca se formó en una placa continental con aguas relativamente tranquilas, al contrario del dominio de formación que se dio en Liébana, que se dieron en un ambiente sacudido y turbulento a causa de los movimientos sísmicos y orogénicos en la cual empezó a formarse la cadena montañosa.

Cabe destacar también que la orogénesis fue la responsable de que los materiales de caliza se apilaran en forma de escamas sobre los materiales detríticos.
[15]



Ilustración 6.6 Farallón de caliza carbonífera (Picos de europa). Fuente: trip Cantabria.



Ilustración 6.7 Caliza carbonífera masiva (Picos de Europa). Fuente: trip Cantabria.

Crestones de caliza carbonífera sobresaliente sobre las areniscas y lutitas (Liébana)



Ilustración 6.8 Fuente: Open Course Ware (OCW) / Prof. José Díaz Terán.

- **El Mesozoico (Triásico)**

Es el conjunto cronoestratigráfico con mayor representación en la región de Cantabria, su porcentaje es de los más altos y mejor documentados de hasta un 77.4%.

La era Mesozoica empezó en el transcurso del periodo Triásico y discontinuó del período Paleozoico. Los materiales en este periodo afloran en dos grandes ramas: una que abarca de Este a Oeste, a lo largo de la Sierra del Escudo de Cabuérniga; y otro que va de Noreste a Sur, desde los Picos de Europa hacia la sierra del Pico Cordel.

Otros afloramientos de igual importancia son los que se encuentran en casi toda la franja de la costa y el Valle del Besaya, afloramientos de arcillas de la Facie Keüper de origen diapírico.

Por otro lado, en el triásico se distinguen 3 tramos de acuerdo con los materiales:

- Tramo Basal: Conglomerados de canto grueso.
- Tramo formado por Areniscas: Limolits y arcillas con tonos mayoritariamente rojizos.
- Tramo arcillas rojo-violáceas: Yesos y sales de Facies Keüper.

Los materiales de esta época se depositan generalmente en un medio continental de canales fluviales y abanicos aluviales, en zonas de sedimentación lagunar y litoral con poco nivel de agua y con gran grado de evaporación.

En esta época (entre 230 y 190 m.a.), el clima en Cantabria era semiárido y cálido con unas fuertes lluvias intermitentes. [15]

Arenisca triásica con estratificación cruzada (Hoces de Bárcena, Cantabria)

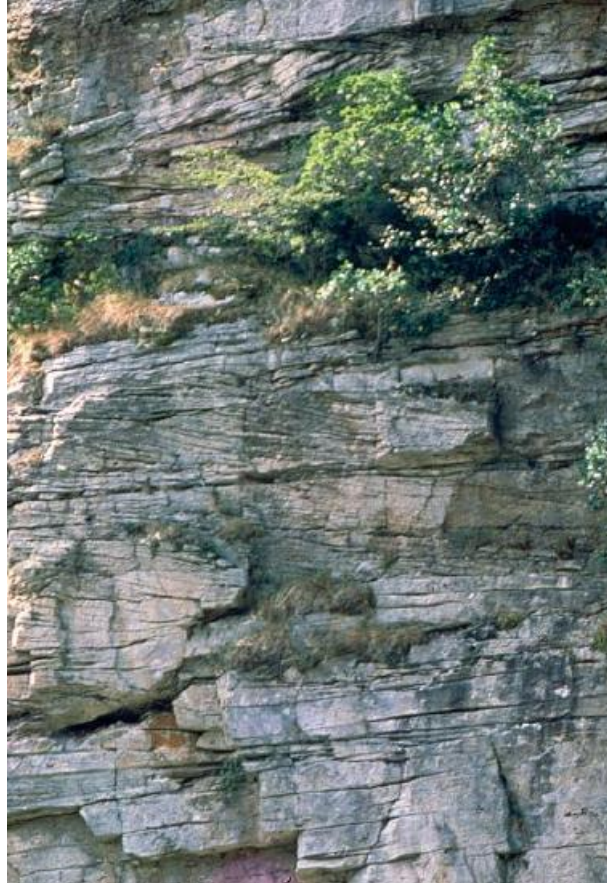


Ilustración 6.9 Fuente: Open Course Ware (OCW) / Prof. José Díaz Terán.

- **El Mesozoico (Jurásico)**

El periodo Jurásico en Cantabria está caracterizada por la sucesión de materiales que tiene: calizas, dolomías y margas de colores grisáceos, depositados sobre la plataforma continental en donde el ambiente es sedimentario con poca profundidad.

Toda la parte central de Cantabria está formada por areniscas y arcillas (con algunas calizas) de las llamadas Facies Purbeck y Facies Weald pertenecientes al superior del Jurásico e inferior del Cretácico.

El conjunto de las Facies predominantes en la región está formado por dos grupos:

a) Grupo Cabuerniga

Conglomerados, areniscas, lutitas rojas, lutitas calcáreas y calizas arenosas.

b) Grupo Pas

Conglomerados, areniscas y lutitas.

La sedimentación de estos materiales se inició a finales del Jurásico finalizó en el Cretácico. Se destacan dos formaciones de gran importancia en época: Bárcena Mayor y Vega de Pas.

Los sedimentos pertenecientes a esta época (130 m.a.) son de tipo continentales los cuales tuvieron una regresión del mar en Cantabria, con una red fluvial abundante y con gran capacidad de arrastre y con un clima bastante lluvioso.

Estas dos formaciones están fuertemente controlados por la Falla del Escudo de Cabuérniga y la Falla de Ubierna. [15]

Estratos de la formación de Weald en la cabecera del río Yera (Vega de Pas, Cantabria)

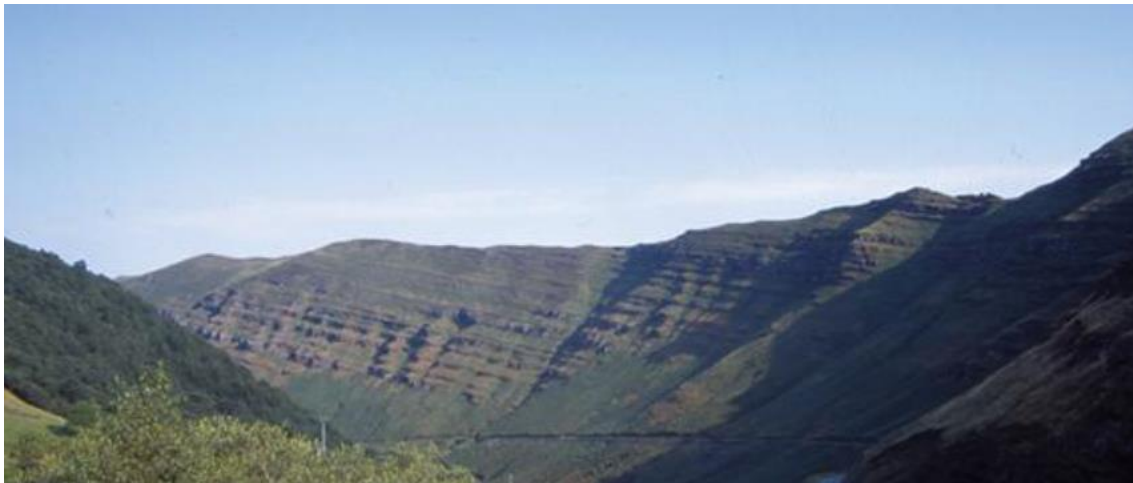


Ilustración 6.10 Fuente: Open Course Ware (OCW) / Prof. José Díaz Terán.

Falla del Escudo de Cabuerniga

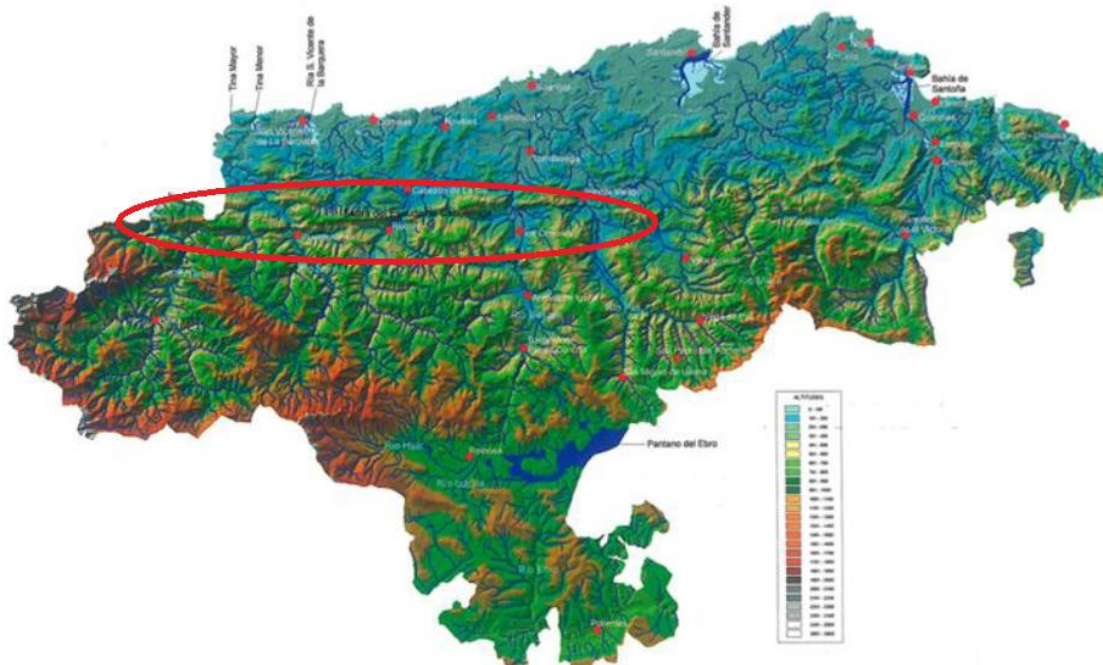


Ilustración 6.11 Fuente: Open Course Ware (OCW) / Prof. José Díaz Terán.

- **EL Mesozoico (Cretácico)**

El periodo cretácico está compuesto por 3 conjuntos de materiales sedimentarios:

- Complejo Urganiano (Cretácico Inf.).
- Complejo Supraurgoniano.
- Cretácico Superior.

A. Complejo Urganiano (Cretácico Inf.).

Los materiales que aparecen en esta época son en su mayoría calizas masivas de la edad Aptiense pertenecientes a las Facies Purbeck-Weald, aunque también se pueden encontrar en algunas zonas materiales como: arcillas, margas y areniscas.

El conjunto de calizas masivas de ésta época, se formó en un medio de plataforma continental relativamente profunda y con un medio acuoso cálido, además

propició la creación de estructuras arrecifales en la zona y alteró el paso de Facie Weald a la Facie Urgoniana mediante una transgresión marina. [15]

Las formaciones de unidades litológicas más importantes:

- Formación de Reocín.
- Formación de Calizas de Ramales.
- Formación de San Roque de Riomiera.
- Formación de Suances.

Caliza masiva urgoniana (Cabecera del río Asón)



Ilustración 6.12 Fuente: Open Course Ware (OCW) / Prof. José Díaz Terán.

B. Complejo Supraurgoniano.

Está caracterizado por tener una sedimentación detrítica con 3 tipos de formación de materiales continentales:

- Formación Utrilla: Su origen es a causa de la sedimentación de arenas feldespáticas que proceden de la elevada erosión fluvial de la época. La región donde abundan este tipo de materiales es en el sur del Puerto del Escudo, se pueden encontrar mayoritariamente areniscas.

- Formación: Valmaseda: los materiales de esta formación son las areniscas y las lutitas. Presentan su origen en la sedimentación de ambientes deltáicos con gran volumen.
- Formación Bielva: Predominio de caliza depositada en un ambiente de plataforma mareal. Se puede encontrar en el norte de la Sierra del Escudo de Cabuérniga. [15]

C. Cretácico Superior

Su característica principal es la sedimentación carbonatada de calizas, lutitas (limos y arcillas) y margas. Se pueden encontrar en dos regiones:

- Zona sur del embalse del Ebro con sedimentos terrígenos y carbonatados.
- Zona del Valle del Nansa y Sinclinal de San Román con sus características formaciones de Altamira y Calizas del Sardiner.

• El Cenozoico

El paso del Cretácico Superior al Terciario sucedió de manera gradual por medio de la formación Muñorrodeo que abarca hasta la era del Paleoceno Superior. Abarca dos tipos distintos de conjuntos sedimentarios: El Terciario y El Cuaternario.

El Terciario

Son rocas sedimentarias pertenecientes a la edad del Paleoceno u Oligoceno que aparecen en dos regiones:

- a. El Sinclinal de San Román: Calizas, Calizas Arenosas y areniscas del Paleoceno.
- b. Nansa y San Vicente de la Barqueta: Característico por tener un ejemplo único en toda la costa cantábrica de sedimentación marina oligoceno, está ubicado en la zona de Oyambre.

El Cuaternario

Se destaca su variedad de depósitos superficiales en los cuales sus materiales tales como: arenas, limos, arcillas de las bahías, las dunas y arenas de las playas, los aluviones y terrazas de valles fluviales del interior, glaciares (Liébana, Polaciones, Alto Campoo y Miera), están poco consolidados. [15]

- **Las rocas ígneas de Cantabria**

En la comunidad de Cantabria las rocas ígneas son muy escasamente representadas. Se clasifican en dos grupos de rocas según su edad y origen:

- a. Rocas plutónicas: Están relacionadas con grandes fracturas que se han dado en la época. Su origen es debido a la actividad magmática moderada en el transcurso de la era Orogenia Hercínica (parte del Carbonífero Superior y el Pérmico) y generan un pequeño metabolismo de contacto.

El tipo más común de roca plutónica es el Granitoide (gabros, granodioritas e incluso los granitos), que atraviesan las distintas series carboníferas para formar así los distintos tipos de cuerpos intrusivos como: diques y sills, cerca las localidades de Peña Priet, Pico Jano y la Sierra de Hijas. [15]

- b. Ofitas: son rocas ígneas con un carácter básico relacionadas con las arcillas de la Facie Keuper que van ligadas a antiguas actividades volcánicas o subvolcánicas de un proceso llamado Rifting Continental. Este tipo de rocas se pueden observar en las cercanías de las localidades de Solares, Laredo, Heras, Valle del Pisueña, etc. [15]

- **Tectónica general de Cantabria**

La tectónica de Cantabria está formada por dos marcos diferentes que corresponden a dos fases de igual discordancia: El Ciclo Hercínico y El Ciclo Alpino.

- a. La Orogenia Hercínica

Es la primera etapa de formación que ha afectado a la región Cántabra, concretamente a las rocas de la era Paleozoica que se encuentran ubicadas en la parte occidental de la Comunidad de Cantabria.

Se distinguen dos dominios geológicos:

Por un lado el dominio de Llébana, en donde los sedimentos de formación se acumularon de forma simultánea a la deformación. Y por otro, el dominio de Los Picos de Europa en donde los sedimentos llegaron a deformarse al cabo de un corto periodo de tiempo.

Cabe destacar que en el dominio de Liébana existe un cierto metamorfismo (Valle de Polaciones), mientras que en el dominio de Los Picos de Europa, no.

b. La Orogenia Alpina

Las principales deformaciones que ocurrieron en este ciclo, originando elevaciones con un gran relieve en la Cordillera Cantábrica. Se distinguen 2 etapas distintas y sucesivas como secuencia de este ciclo de formación:

- Distensiva: de la era mesozoica la cual se encuentra asociada a la apertura del Golfo de Vizcaya y que está caracterizada por la activación d fallas antiguas, el vulcanismo de intraplaca (ofitas), las fases rift (fallas de Ubierna y Cabuérniga) y la expansión oceánica del Golfo de Vizcaya.

- Compresiva: Es la etapa principal en donde se han producido las estructuras tectónicas que hoy en día son visiblemente apreciables. El plegamiento que se originó fue como consecuencia de los esfuerzos en la dirección Norte-Sur que sufrió la región de Cantabria por empuje del continente Africano contra la Península Ibérica que su vez fue comprimida contra las barreras del mar cantábrico dando lugar a la formación de estructuras. [15]

- **La Neotectónica de Cantabria**

La actividad sísmica actual de Cantabria está unida a la reactivación de antiguas fallas y su vez a la actividad holocénica. La magnitud sísmica es inferior a 6, que es un valor aceptable según la peligrosidad sísmica intermedia en el contexto peninsular.

Los epicentros son localizados comúnmente a lo largo de las trazas de las fallas, en nuestro caso, sería en la traza la conocida falla de Cabuérniga y de Selaya-Arredondo, también suelen darse epicentros en cuerpos diapíricos (Santoña).

Según el contexto de la Tectónica de Placas, la Comunidad de Cantabria está localizada dentro de la zona de la Placa Ibérica, en donde cuenta con un borde de tipo compresivo que de acuerdo con varios autores, este borde está en una zona subducción que recorre el suelo oceánico del Golfo de Vizcaya introduciéndose por debajo de la corteza de dicha placa.

Mediante esta circunstancia y el empuje que recibe la península por parte de África, se justificaría la repentina reactivación de las Fallas de Cabuérniga y la Falla de Selaya-Arredondo. [15]

Actividad Neotectónica en Diapiro de San Julián (Liendo)



Ilustración 6.13 Fuente: Open Course Ware (OCW) / Prof. José Díaz Terán.

- **Principales estructuras geológicas en Cantabria**

- Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga

Es un anticlinal con su lateral sur cortado por causa de la falla, gracias al fallado de su flanco se mezclan materiales paleozoicos y mayoritariamente triásicos, con materiales más recientes de la era Cretácica.

La fractura de la falla está en sentido Oeste a Este y se mantiene en ese sentido atravesando la falla de Arredondo. La presencia de esta falla hace que varios lugares a su paso tengan manantiales termales en las localidades de Las Caldas del Besaya, Puente Viesgo, Liérganes y La Hermida.

- Sinclinatorio de Nansa

Es la estructura que se ha formado por las series triásicas, jurásicas y wealdenses.

- Horts de las Hoces de Bárcena

Son dos grandes masas de bloques que están levantados y están compuesto por areniscas triásicas.

- Diapiros

Son el resultado del ascenso de enormes masas de material arcilloso de la Facie Keuper, son muy plásticas y poco densas y debido a estas características físicas, cuando está sometido bajo alta presión confinante puede perforar los sedimentos de la parte superior hasta el punto de llegar a superficie. [14] [15]

2. Geología de la zona

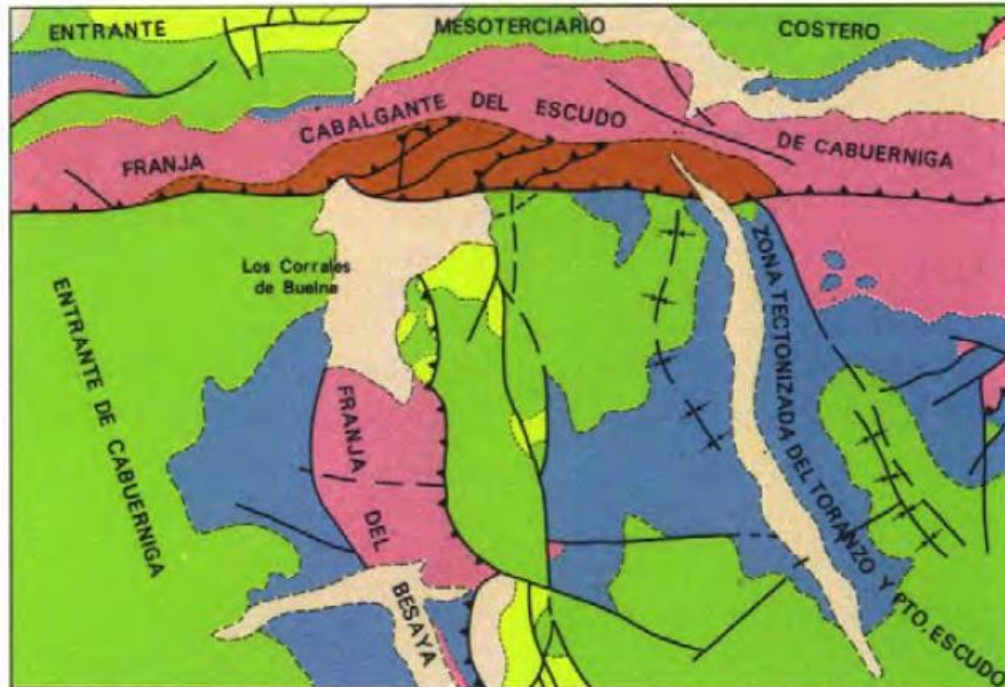
Para estudio geológico de la zona es necesario estudiar la hoja de LOS CORRALES DE BUELNA. Esta hoja se sitúa en la Comunidad Autónoma de Cantabria que a su vez se encuentra enclavada en uno de los bordes del Macizo Asturiano oriental.

Los rasgos estructurales que más se destacan en este macizo son las alineaciones mesozoicas que se encuentran direcciones tales como: Este-Oeste (el caso más significativo el de la Franja del Escudo de Cabuérniga), y Norte-Sur. [14]

Se distinguen cinco unidades en el extremo oriental del Macizo Asturiano desde un punto de vista peleogeográfico y estructural:

1. Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga.
2. Entrante Mezoterciaria Costero.
3. Entrante de Cabuérniga.
4. Franja Cabalgante del Besaya.
5. Zona tectonizada del Toranzo y Puerto del Escudo.

ESQUEMA TECTONICO



Escala 1:250.000

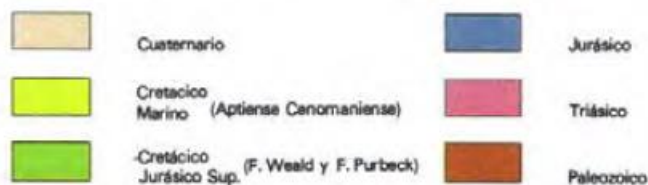


Ilustración 6.14 Esquema Tectónico de Los Corrales de Buelna. Fuente: IGME.

La información recogida acerca de la cartografía geológica de La Hoja de LOS CORRALES DE BUELNA es un trabajo realizado por tres autores principales: el mapa de síntesis a escala 1:200.000 publicado por IGME el cual fue editado por ``KARRENBURG (1934)'' y estudiado basándose en datos de ``SANCHEZ (1969)'', partiendo como mapa base a escala 1:50.000 en de ``CARRERAS (1970)''. [14]

En la descripción de La Hoja nos encontramos afloramientos sedimentarios del Paleozoico en la parte superior en donde se encuentra la Franja Cabalgante del Escudo de Cabuérniga, la cual tiene una larga extensión en dirección Este a Oeste. También se pueden encontrar afloramientos del Triásico en la parte inferior de dicha franja junto a la

Franja del Besaya que va en dirección Norte-Sur, además, se puede ver pequeños asomos de anticlinales pertenecientes al Mesozoico y áreas diapíricas en donde es característico su tectónica.

Lo sedimentos más representativos de La Hoja son los de la era Jurásica y Cretácica que afloran extensamente en la mitad inferior (Entrante de Cabuérniga y Zona Tectonizada de Toranzo y Puerto del Escudo).

El Cuaternario también aflora en algunas zonas del interior de los valles.

La tectónica de esta Hoja está limitada por el dominio de la rigidez de los materiales del Macizo Asturiano en su extremo oriental en donde las estructuras Mesozoicas predominan sobre las Hercínicas, y su fuerte dinamismo tectónico en la Franja Cabalgante del Escudo del Cabuérniga.

En cuanto a la minería presente en La Hoja, se puede observar actividad en la zona del Mercadal y Las Caldas (Zona de nuestro proyecto en cuestión).

En la localidad de nuestro proyecto se explota materiales de caliza correspondientes al Carbonífero, también Lías y Aptiense. [14]

2.1 Estratigrafía de la zona

En La Hoja de LOS CORRALES DE BUELNA se pueden encontrar una gran variedad de afloramientos sedimentarios pertenecientes al Paleozoico, Triásico, Jurásico, Cretácico Inf y parte del Cuaternario.

- El Paleozoico está presente en los sedimentos de tipo prehercínicos llamados también como Carboníferos.

- El Triásico se diferencia por los dos tipos de Facies que existen en la zona: Buntsandstein y Keuper.

- El Jurásico viene representado por los sedimentos marinos de la Facie Purbeck.

- El Cretácico Inferior está representado por materiales de las Facies Purbeck y Weald en donde abarcan desde el Berriasiense hasta el Barremiense.

- Por último, el Cuaternario, está presente en La Hoja en forma de pequeñas manchas irregulares en los materiales pertenecientes al Paleozoico y Mesozoico. [14]

ESQUEMA REGIONAL



72

3. Conclusión

El trazado del túnel discurre sobre materiales triásicos y pérmicos, adyacentes de materiales del cretácico inferior.

Por otro lado, se puede observar que nuestra zona atraviesa de este a oeste, una de las fallas más conocidas de la región por su gran longitud ``Falla del Escudo de Cabuérniga´´. Una clara señal de que en la zona de proyecto atraviesa ésta falla es que; se pueden encontrar varios lugares de referencia a su paso, por ejemplo: localidades con manantiales termales como: Liérganes, Puente Viesgo y Las Caldas que se encuentra próxima a nuestra zona donde se realizarán las obras.

Anejo N°7

Hidrografía

- 1. Hidrología de Cantabria**
 - 1.1 Hidrología superficial de Cantabria – Ríos**
- 2. Hidrología de la zona**
- 3. Permeabilidad del suelo**
 - 3.1 Movimiento de fluido en el suelo (LEY DE DARCY)**
- 4. Permeabilidad en la zona**
- 5. Conclusiones**

1. Hidrología de Cantabria

La comunidad Autónoma de Cantabria es conocida por su complicado relieve orográfico como por su hidrología.

Los ríos y riachuelos con volúmenes relativamente pequeños, discurren a lo largo y ancho del territorio variando su dirección hasta llegar a un cauce de río con una corriente bastante respetable, cambiando su dirección en un único sentido; de sur a norte cuyo objetivo es desembocar en el mar Cantábrico.

Las aguas que se generan de forma natural en el territorio Cántabro, por lo general son muy puras debido a que su origen se encuentra en terrenos donde existe arenisca cretácica o triásica. Por otro lado, también existen aguas que se originan en terrenos del jurásico y otras donde existe caliza, estas aguas no se consideran tan sanas como las demás.

Por lo general, toda el agua que se genera de forma natural en Cantabria se podría considerar potable con alguna ligera excepción, esto se debe a que se encuentra muy poco yeso en la Comunidad (la disolución del yeso la hace de mala calidad).

Se ha encontrado yeso en muy pocos manantiales en las cercanías de Reinosa y San Vicente de la Barquera. Gracias a las aguas puras que se generan en el territorio, Cantabria puede presumir de tener gran diversidad acuática especialmente de truchas.

A continuación se cita un fragmento de opinión que dio quien fue Director del *“Instituto Geológico y Minero de España, Amalio Maestre e Ibáñez en año 1884.”* y participe en la *“Descripción Física y Geológica de la Provincia de Santander, 1884”* [16]

“Difuso y pesado por demás habré estado al describir la hidrografía de la Provincia de Santander; pero ni aun así me lisonjeo de haber hecho formar una idea aproxima de lo que aquello es. Por todas partes brotan fuentes, por todas partes corren arroyos en distintas direcciones; por todas partes se ven cascadas o saltos de agua; y sí es verdad que algunos se hallan aprovechados por la industria del hombre, no puede uno menos de condolerse al ver los infinitos de quienes no se hace caso, y que en un país donde el espíritu industrial se hallara más desarrollado, serían origen de una riqueza y bienestar que hoy no se puede ni aun soñar en aquella provincia.” [16]

*Amalio Maestre e Ibáñez. Descripción Física y Geológica de la Provincia de Cantabria.
1884.*

1.1 Hidrología superficial de Cantabria – Ríos

Gran mayoría de los ríos atraviesan la franja litoral de la Comunidad por la parte central de los valles para luego terminar en los tramos de río en donde la influencia de mar está presente gracias a sus mareas y hundimientos de riberas.

Estos tramos de río se han ido formando a lo largo del tiempo dando paso a la formación de terrazas aluviales y humedales, hoy en día son constituidas áreas de gran interés natural en el litoral Cántabro.

Principales cuencas hidrográficas de Cantabria

- Río Agüera
- Río Campiazo-costa oreintal
- Río Asón
- Río Miera
- Río Pas
- Río Saja-Besaya
- Río Nansa
- Río Deva
- Río Ebro



Ilustración 7.1 Principales ríos de Cantabria. Localización hidrográfica. Fuente: Plan trabajo Cantabrita.

2. Hidrología de la zona

Nuestra zona de proyecto se encuentra ubicada en las inmediaciones del Río Besaya y de algunos manantiales naturales de agua mineral.

El Río Besaya es uno de las fuentes fluviales más importantes de la región, nace en la Comarca Campoo-Los Vales en las proximidades de la localidad de Fresno del Río a una altura de 870 msnm y desemboca en el Río Saja (río de igual importancia dentro del territorio Cántabro) a la altura del Municipio de Torrelevega.

Tiene una longitud aproximada de unos 47 kilómetros casi en línea recta en sentido Sur-Norte atravesando Municipios importantes de la región tal como: Campoo de Emedio (donde nace el río), Pesquera, Santurde de Reinosa, Molledo, Bárcena de Pie de Concha, Arenas de Iguña, Cieza, Los corrales de Buelna, Las Caldas (zona de proyecto), Cartes y finalmente Torrelavega que es donde desemboca, en la afluencia del Río Saja aportando un mayor caudal a este. [1]

Por otro lado, gracias a la Franja Cabalgante del escudo de Cabuérniga que se encuentra fallada en uno de sus flancos, se mezclan materiales paleozoicos y mayoritariamente triásicos suprayacente, para crear manantiales naturales de agua caliente en las localidades de Las Caldas de Besaya y en Puente Viesgo. [14]

Estos manantiales tienden a ascender a través de las Calizas de Montaña de la zona, buscando el punto con menos cota en el terreno para poder aflorar en la superficie.

Rio Besaya a su paso por Las Caldas del Besata



Ilustración 7.2 Río Besaya a su paso por el balneario de Las Caldas. Fuente: tomavistassantander.com

3. Permeabilidad del suelo

Se dice que un material es permeable cuando tiene poros continuos que facilitan la filtración de líquidos a través de ellos. Los poros existen en todo tipo de materiales del suelo, incluyendo: los materiales de construcción no metálicos (incluido la pasta de cemento y el granito) y arcillas con gran compactación.

Es por ello que el paso del agua a través de los diversos materiales son leyes casi idénticas en todos. Es decir, la circulación de líquido entre una arena limpia y un

granito, obedecen las mismas leyes, solo se diferencian en la magnitud de compactación del material.

La facultad con la que pasa el agua a través de los poros o permeabilidad, genera contratiempos y costes elevados debido a la búsqueda de soluciones de operación en el ámbito constructivo, un claro ejemplo es cuando se hacen excavaciones a cielo abierto en arena bajo agua.

3.1 Movimiento de fluido en el suelo

Viene determinada por la LEY DE DARCY. [17]

Es la Ley que determina las características del flujo de agua a través de un medio poroso. Basándose en un sinnúmero de experimentos Darcy encontró la forma capaz de calcular la velocidad de filtración de líquido en un medio poroso a través de la fórmula:

$$Q = \frac{\partial V}{\partial t} = k * i * A$$

En donde:

- Q: Caudal [cm³ / seg]
- ∂V : Variación del volumen en un diferencial de tiempo.
- ∂t : Diferencial de tiempo.
- K: Coeficiente de permeabilidad.
- i: Gradiente hidráulico [adimensional]
- A: Sección transversal del filtro [cm²]

4. Permeabilidad en la zona

El túnel de proyecto se sitúa bajo un estrato rocoso de tipo margo-calizas, presentando ligeros agrietamientos característicos de las calizas de montaña en donde algunas de estas grietas, han dado paso a pequeñas y diversas filtraciones de agua que han ido desgastando el recubrimiento del túnel.

Las características de este desgaste en el recubrimiento interior, son en forma de humedad intensa la cual ha ido desgastando la armadura que protegía la gunita.



Ilustración 7.3 Vista del interior del túnel.

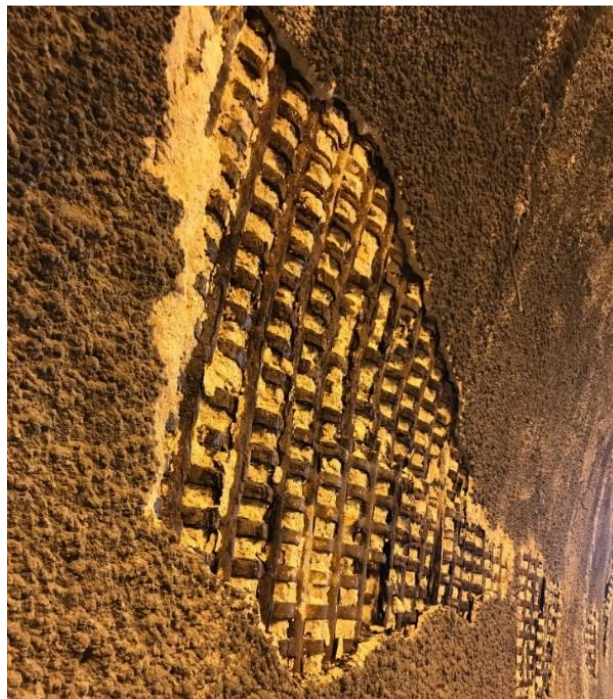


Ilustración 7.4 Despegue de la gunita por acción de la humedad.

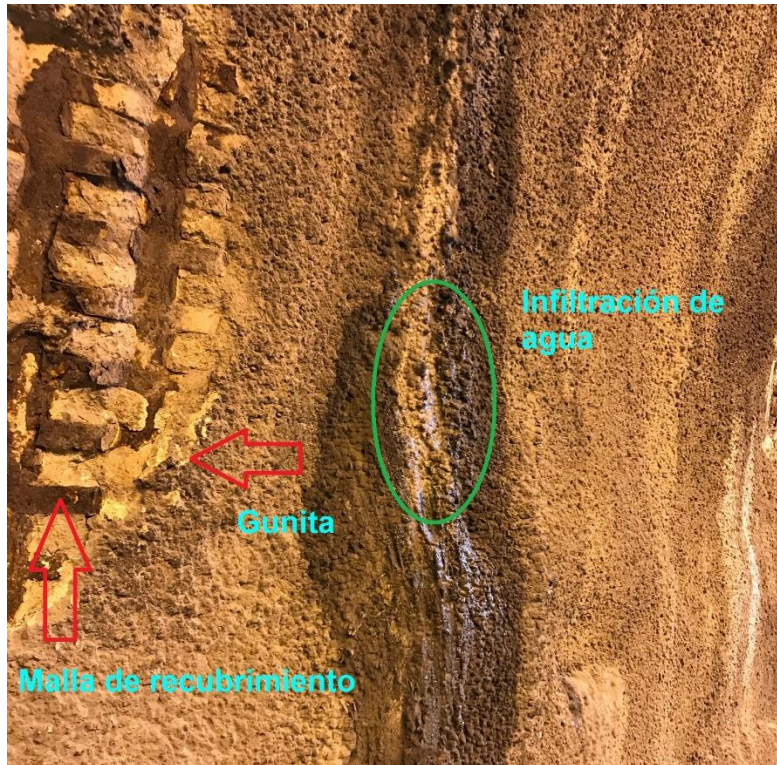


Ilustración 7.5 Filtraciones de agua en la pared del túnel.

En esta imagen se puede apreciar el desgaste de la malla metálica de protección por la acción del tiempo/humedad junto el desprendimiento de la gunita, causados por la humedad.



Ilustración 7.6 Desgaste total de la malla de protección.

5. Conclusiones

La orografía del terreno donde se encuentra el túnel, tiene una procedencia del agua en el terreno del tipo Infiltración que viene causada por lluvias, corrientes de agua o deshielo.

En el presente proyecto se tiene en cuenta; la lluvia. Como se ha dicho anteriormente, Cantabria tiene un alto nivel de precipitaciones en la temporada de invierno las cuales podrían haber sido las causantes de infiltración sobre el estrato rocoso que recubre el túnel.

El paso del agua a través de las pequeñas grietas o poros en las rocas, junto con el factor del tiempo, han ido oxidando y desgastando la malla de protección del recubrimiento y a su vez la protección de la misma, la gunita.

Anejo N°8

Estudio geotécnico

- 1. Objetivo**
- 2. Características geotécnicas**
- 3. Clasificación del macizo rocoso**

RMR de Bieniawski (1973)

RQD de Deere (1967)
- 4. Cálculos**

4.1 Cálculo de la Q de Barton

1. Objetivo

El estudio geotécnico tiene como objetivo conocer las características del terreno donde se realizará la obra para cambiar la malla de protección de recubrimiento del túnel.

El estudio de las características geotécnicas ayudará a prever el comportamiento del macizo rocoso en caso de que la obra llegase a necesitar perforación o excavación.

Se realizará un reconocimiento geotécnico del terreno utilizando el sistema básico de inspección: visual. Este sistema es muy utilizado en la caracterización de macizos rocosos en donde ya ha habido algún tipo de infraestructura y necesita una restauración o mejora.

2. Características geotécnicas

Según la hoja del mapa geológico de Los Corrales de Buelna, el afloramiento rocoso de la zona de proyecto se encuentra en una área de influencia litológica dominada por las Calizas recristalizadas gris-blanquecinas o también conocidas como “Caliza de montaña”. [14]

La orografía donde se encuentra el túnel es ligeramente pronunciada en casi todo su relieve y abrupta en uno de sus bordes. Por lo que se ha visto, el suelo es poco vegetal y con mucha caliza de montaña. Pese al dominio de caliza, sobre este terreno existe una gran variedad de flora que crece sobre este tipo de roca. [19]

Según su estabilidad, se realizó un estudio de visibilidad y no presentó ningún tipo de desprendimiento. Para corroborar la buena estabilidad del terreno, se ha recopilado información de las personas que viven en Las Caldas; valiosa información debido a que el borde abrupto tiene su caída hacia la zona rural, y en su alrededor.

La buena estabilidad de la zona de proyecto se debe a que el trazado del túnel, desde el punto de vista geológico, pasa por el tipo de materiales pertenecientes a la edad triásica y pérmica en donde el estrato rocoso con mayor densidad de afloramiento es la Caliza recristalizada.

LEYENDA

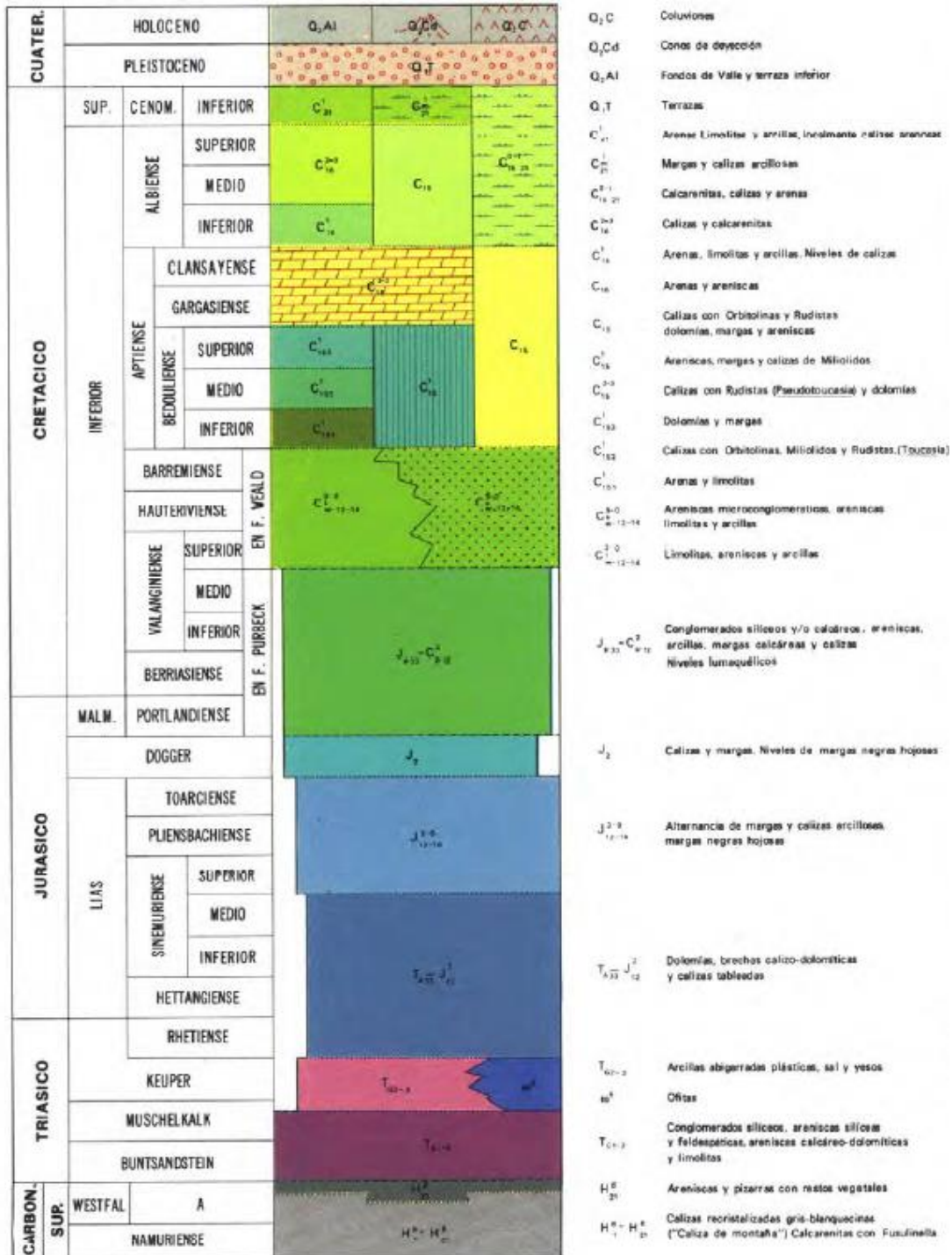


Ilustración 8.1 Leyenda Geológica de Los Corrales de Buelna. Fuente: Hoja 58 (IGME).

3. Clasificación del macizo rocoso

Mediante la clasificación de macizo rocoso se pretende evaluar las características de la roca describiendo numéricamente su calidad.

Se parte de la información recogida en IGME para después proceder a la clasificación geomecánica del macizo usando el sistema de clasificación del profesor Z.T. Bieniawski (1973) que recomienda un sistema de sostenimiento a medida que se obtenga su índice RMR (Rock Mass Rating). [17] [18]

Información de IGME:

- ❖ Mapa Geológico de España, escala 1:50.00. Hoja 58 (Los Corrales del Buelna)

El RMR nos permite obtener un índice de calidad del tipo de roca que se está estudiando a partir de los siguientes parámetros:

- Resistencia de compresión simple
- Índice RQD
- Separación entre diaclasas o juntas
- Estado de las discontinuidades
- Presencia freática

El macizo rocoso a estudiar, según la leyenda litológica del mapa de Los Corrales de Buelna, se trata de masas potentes de calizas recristalizadas o calizas de montaña.

1. Resistencia de compresión simple

Para la determinación de la resistencia a la compresión simple, se utilizó el martillo de Schmidt.

Es un procedimiento muy utilizado y recomendado por la ISRM en los trabajos de campo en donde se requiere estudiar las paredes de las discontinuidades en un macizo rocoso.

Su procedimiento es sencillo:

1. El martillo se aplica sistemáticamente en 10 posiciones distintas en posición vertical a la pared de la roca.
2. Se eligen 5 medidas más altas para poder hacer una media.

3. La media de la dureza calculada por medio del martillo se lleva al eje X de la gráfica propuesta por Schmidt y se traza una línea perpendicular a ella hasta cortar con el peso específico del material que estamos estudiando. A continuación se traza una línea horizontal hacia el eje Y para estimar el valor de la resistencia a la compresión simple.

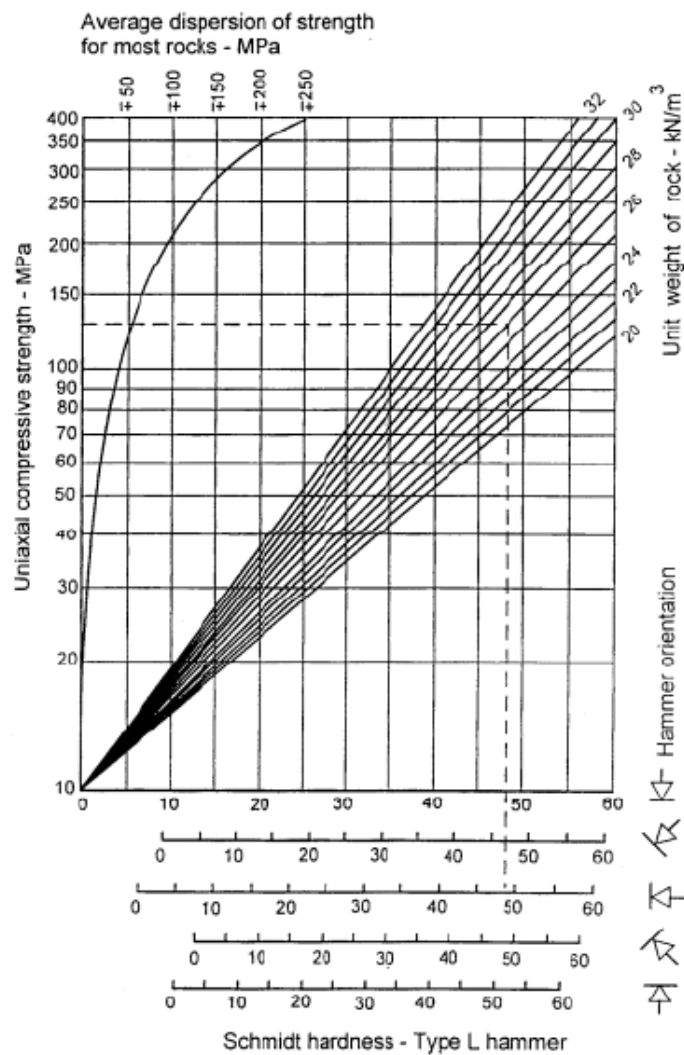


Ilustración 8.2 Dureza de Schmidt. Fuente: Ing. Geológica de Luis I González de Vallejo

Peso específico de la Caliza: 2700 Kg/m³

Valores de rebote de muestra									
48	50	49	51	52	50	50	48	51	53

Tabla 8.1. Valores de rebote del martillo Schmidt

$$Media = 51 + 52 + 50 + 50 + 51 = 50.8$$

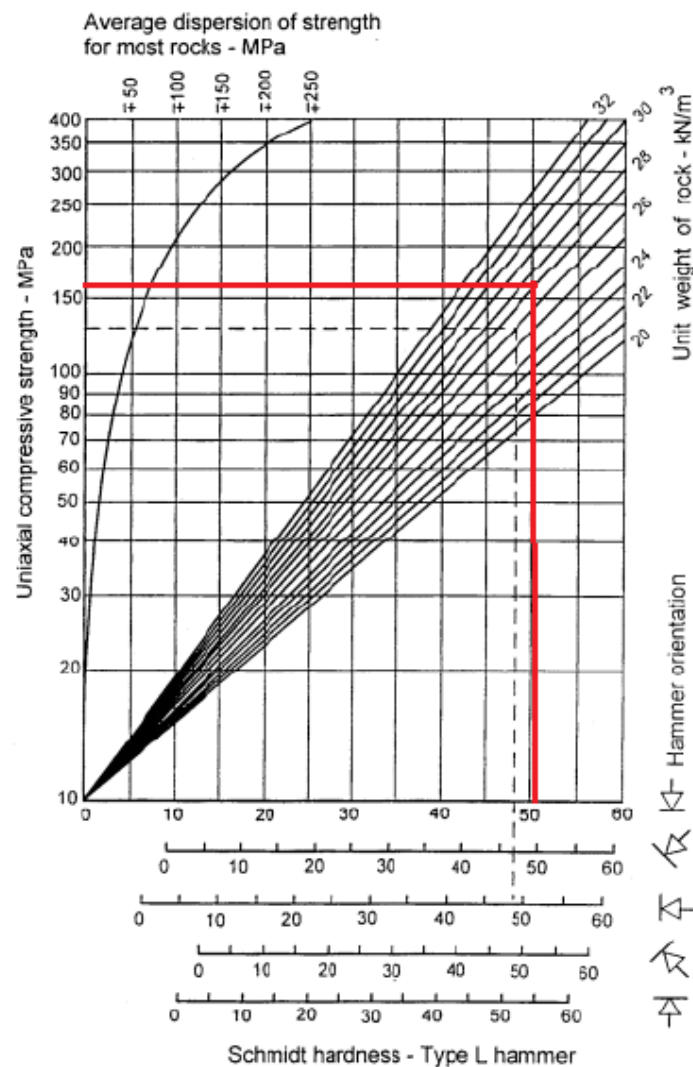


Ilustración 8.3 Dureza de Schmidt. Fuente: Ing. Geológica de Luis I González de Vallejo

Resistencia compresión simple: **164 MPa.**

- Valor máximo de puntuación: 15 puntos. Depende del valor de la roca.
- Valor mínimo de puntuación: 0 puntos.

Resistencia de la Matriz Rocosa							
Compresión simple (Mpa)	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	05-1	<1
Puntuación	15	12	7	4	2	1	0

Tabla 8.2. Rango de valores de la resistencia a la compresión simple y su puntuación.

[17] [18]

2. RQD (Rock Quality Designation)

El RQD fue desarrollado por Deere (1967) y sirve para estimar cuantitativamente la calidad de la roca que se está estudiando, mediante la recuperación muestras del terreno (testigos).

Para determinar el RQD, la norma establecida por la sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, recomienda que el tamaño de los testigos extraídos sean al menos de unos 57.4 mm, obtenidos con un tubo bastante resistente a la reformación y con una broca de diamante.

El RQD es el porcentaje de fragmentos obtenidos en una longitud superior a 10 cm del fragmento total recomendado.

Se expresa mediante la siguiente formula:

$$RQD = \frac{(Longitud\ de\ fragmentos\ s \geq 10cm)}{Longitud\ total\ perforada} \times 100$$

Cuando mayor es el valor del RQD, menor es su fracturación y mayor su resistencia.

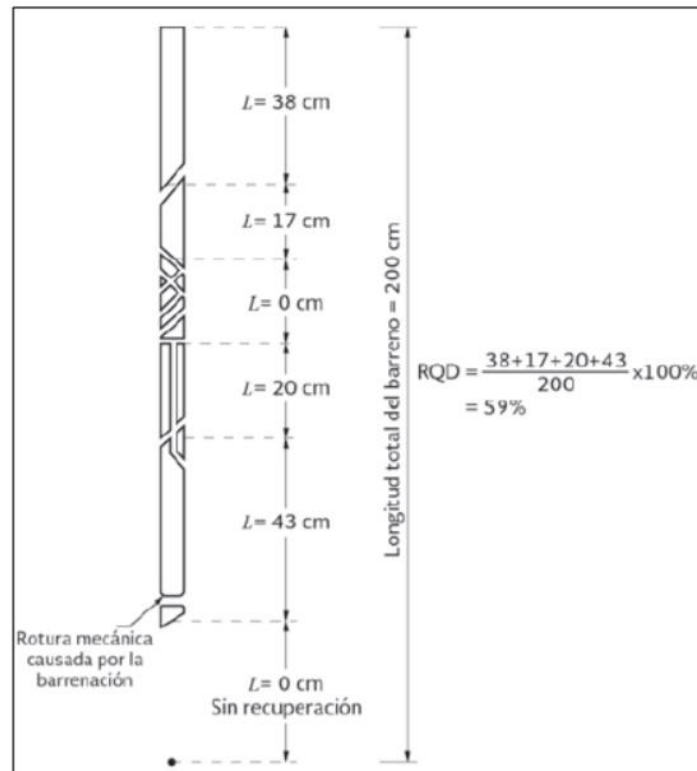


Ilustración 8.4 Procedimiento para la medición del RQD. Fuente: Deere (1967).

Cuando no se dispone de muestras de perforación de la roca de estudio o también llamado núcleos, se puede estimar el RQD mediante la cantidad de fisuras que contenga una unidad de volumen. Las juntas o fisuras se estudiarán en un metro cúbico de roca.

Se contarán las fisuras y se usará su valor en una simple fórmula para obtener el RQD aproximado.

Se recomienda que el metro cúbico de roca de estudio, no contenga arcillas para su mejor visualización de juntas.

Fórmula para obtener el RQD:

$$RQD = 115 - 3.3 * J_v$$

Donde:

- J_v , es la cantidad total de juntas o fisuras por m^3

- Prueba visual N°1: 8 fisuras en un m³.
- Prueba visual N°2: 9 fisuras.
- Prueba visual N°3: 7 fisuras.
- Prueba visual N°4: 10 fisuras.

$$J_v = \frac{8 + 9 + 7 + 10}{4} = 8.5$$

$$RQD = 115 - 3.3 * 8.5$$

$$RQD = 86.95 \%$$

$$RQD \cong 87\%$$

El valor que se ha obtenido mediante esta última forma de cálculo del RQD es de 87%.

La relación entre la calidad de la roca de estudio y el RQD, se determina en el siguiente cuadro.

Calidad de la roca	RQD
Muy mala	0-25
Mala	25-50
Regular	50-75
Buena	75-90
Excelente	90-100

Tabla 8.3. Designación de la calidad de la roca.

Este valor se coloca en el intervalo de 75 y 90 en donde la calidad de roca se percibe como: Buena.

- Valor máximo de puntuación: 20 puntos para un RQD > 90%
- Valor mínimo de puntuación: 3 puntos para un RQD < 25%

Rock Quality Designation					
RQD	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%
Puntuación	20	17	13	6	3

Tabla 8.4. Rango de valores del RQD y su puntuación.

[17] [18]

3. Espaciado de las discontinuidades o juntas

En lo que respecta a su estudio, se enfoca en las discontinuidades estructurales que contienen: fallas, diaclasas, planos de estratificación...etc. El espaciado de las discontinuidades viene a ser la distancia media entre cada conjunto de material que presenta las mismas características geomecánicas.

La resistencia del macizo rocoso depende directamente de la cantidad de juntas que contenga, es decir, cuanto menos juntas tenga el estrato rocoso entre los espaciados de cada familia, mayor será su resistencia, y cuando mayor sea el número, menos será su resistencia.

Para su clasificación, Bieniawski.1973 se basó en la propuesta de clasificación que hizo Deere.1967 que viene determinada por la siguiente tabla de valores:

El tipo de macizo rocoso según una inspección visual es 'en bloques'. Además, el tamaño de juntas es de entre 0.3 y 0.8 m que corrobora que nos encontramos con juntas moderadamente cerradas.

Descripción	Espaciado de la Juntas	Tipo de macizo rocoso
Muy ancho	> 2 m	Sólido
Ancho	0.6 - 2 m	Masivo
Moderadamente cerrado	0.2 - 0.6 m	En bloques
Cerrado	0.06 – 0.2 m	Fracturado
Muy cerrado	< 0.06 m	Machacado

Tabla 8.5. Clasificación del espaciado de juntas. Deere (1967)

- Valor máximo de puntuación: 20 puntos para diaclasas más de 2 m
- Valor mínimo de puntuación: 5 puntos para diaclasas separadas menos de 6 cm.

Separación entre Diaclasas					
Separación entre diaclasas	>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.06-0.2m	<0.06m
Puntuación	20	15	10	8	5

Tabla 8.6. Rango de separación de diaclasas.

[17] [18]

4. Estado de las diaclasas

Su estudio está enfocado al estado de las diaclasas mediante la medición de la longitud de las discontinuidades, la abertura entre labios de estas, la rugosidad, la dureza de discontinuidad y por último, el grado de alteración.

Su estudio se hace mediante la siguiente tabla en donde se tiene unos valores estipulados y se va marcando según la inspección visual del macizo.

- Valor de puntuación:

Estado de las Discontinuidades					
Longitud de la discontinuidad	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m
Puntuación	6	4	2	1	0
Abertura	Nada	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm
Puntuación	6	5	3	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
Puntuación	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Relleno duro<5mm	Relleno duro>5mm	Relleno blando<5mm	Relleno blando>5mm
Puntuación	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
Puntuación	6	5	3	1	0

Tabla 8.7. Clasificación del estado de las continuidades.

[17] [18]

5. Presencia de agua freática

Recopila información de filtraciones de agua en el macizo rocoso así como la humedad presente en las discontinuidades. Aparentemente es seco pero no hay que descartar el hecho de que las paredes del túnel de proyecto presentan humedad en algunas zonas. Por lo tanto, lo clasificamos como 'Ligeramente seco'.

- Valor máximo de puntuación: 15 puntos para un macizo rocoso muy seco.
- Valor mínimo de puntuación: 0 puntos para cuando en el macizo fluye agua entre sus juntas.

Agua Subterránea o Freática					
Estado general	Seco	Ligeramente seco	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo
Puntuación	15	10	7	4	0

Tabla 8.8. Clasificación del agua subterránea.

[17] [18]

6. Orientación de las discontinuidades

Es un factor de gran importancia que permite determinar el tipo de revestimiento que se necesita durante la obra. Viene definido por la orientación de las discontinuidades respecto al eje del túnel.

Nuestro caso presenta una orientación de buzamiento aproximada de entre 20 y 45° con respecto al eje del túnel, por lo que tendremos una orientación 'favorable'. El valor de este parámetro es negativo.

Corrección por Orientación de las Discontinuidades						
Dirección	Muy favorable	Favorable	Medias	Desfavorable	Muy desfavorable	
Buzamiento	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°

Tabla 8.9. Orientaciones relativas entre las juntas y el eje de la cavidad. Bieniawski (1976)

Corrección por Orientación de las Discontinuidades						
Dirección		Muy favorable	Favorable	Medias	Desfavorable	Muy desfavorable
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentación	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Tabla 8.10. Ajustes de valores por las orientaciones de las juntas. Fuente: Mecánica de Rocas / Pedro R. Oyanguren y Leandro A. Monge (2007)

Cuando se ha obtenido los valores de puntuación en las distintas fases comentadas, se suman para obtener un valor a priori el cual será el parámetro RMR.

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 - 6$$

1. Resistencia de compresión simple
2. Índice RQD
3. Separación entre diaclasas o juntas
4. Estado de las discontinuidades = Long. Discontinuidades + abertura + rugosidad + relleno + alteración
5. Presencia freática
6. Corrección de las discontinuidades

[17] [18]

4. Cálculos

Para la obtención de los valores de apartados anteriormente mencionados, se utilizó la siguiente tabla en donde aparecen todos estos datos agrupados y más detallados con su respectiva puntuación numérica.

Ensayos de carga puntual	>10 (15)	10-4 (12)	2-1 (4)				12
Compresión simple (Mpa)	>250 (15)	250-100 (12)	100-50 (7)	25-5 (2)	5-1 (1)	<1 (0)	
DQD		905-100% (20)	75%-90% (17)	50%-75% (13)	25%-50% (6)	<25% (3)	17
Separación entre diaclasas	Separación entre diaclasas	>2m (20)	0.6-2m (17)	0.2-0.6m (10)	0.06-0.2m (8)	<0.06m (5)	10
Estado de las discontinuidades	Long. Discontinuidades	>1m (6)	1-3m (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)	4
	Abertura	Nada (6)	<0.1mm (5)	0.1-1.0mm (3)	1-5mm (1)	>5mm (0)	3
	Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Ligeramente rugosa (3)	Ondulada (1)	Suave (0)	5
	Relleno	Ninguno (6)	Relleno duro <5mm (4)	Relleno duro >5mm (2)	Relleno blando <5mm (2)	Relleno blando >5mm (0)	4
	Alteración	Alterada (6)	Ligeramente alteradas (5)	Moderadamente alteradas (3)	Muy alteradas (1)	Descompuestas (0)	5
Agua freática	Caudal por 10m de túnel	Nulo (0)	<10 l/min (10)	10-25 l/min (7)	25/125 l/min (4)	>125 l/min (0)	10
	Presión agua/tensión principal mayor	0 (15)	0-0.1 (10)	0.1-0.2 (7)	0.2-0.5 (4)	>0.5 (0)	
	Estado general	Seco (15)	Ligeramente húmedo (10)	Húmedo (7)	Goteando (4)	Agua fluyendo (0)	
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)	(41-60)	(21-40)	(<20)	70%
	Clase	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	Tipo II
	Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala	Buena

Tabla 8.11. Parámetros de clasificación y sus valores. Referencia / Pedro R. Oyanguren y Leandro A. Monge (2007). Mecánica de Rocas.

Resultado del RMR con corrección de las discontinuidades:

Propiedades			Intervalos	Puntuación
1	Resistencia a compresión simple		100-250	12
2	R.Q.D		75-90%	17
3	Espaciado de las discontinuidades		0,2-0,6 m	10
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de las discontinuidades	1-3 m	4
		Abertura	0,1-1,0 mm	3
		Rugosidad	Rugosa	5
		Relleno	Relleno duro < 5 mm	4
		Alteración	Ligeramente alterada	5
5	Flujo de agua		Ligeramente húmeda	10
6	Corrección de las discontinuidades		Túnel/Favorable	-2
			RMR	68

Tabla 8.12. Resumen de puntuaciones más la corrección de las discontinuidades en estado favorable del túnel.

El RMR viene relacionado empíricamente con el módulo de Young del macizo rocoso, no del estrato rocoso intacto, se determina mediante las siguientes ecuaciones:

$$E = 2 * RMR - 100, \quad \text{Para } RMR > 50, \text{ Bieniawski (1979, modificado)}$$

$$E = 10^{(RMR-10)/40}, \quad \text{Para } RMR < 50, \text{ Serafim y Pereira (1983)}$$

En este caso tenemos Caliza recristalizada o de montaña en donde el módulo de Young alcanza unos valores comprendidos entre 16 y 38.6 (Gpa). Nos corresponde utilizar el valor medio: 27.3 GPa. [18]

Utilizaremos la primera fórmula puesto que el RMR de la prueba dio un valor superior a 50%.

$$27.3 = 2 * RMR - 100$$

$$RMR = 63.65$$

Se procede a hacer una media entre el valor del RMR conseguido en la tabla mediante puntuación y el nuevo que va relacionado con el Módulo de Young.

$$RMR = \frac{68 + 63.65}{2} = 65.825$$

El nuevo valor del RMR obtenido, sigue estando en los intervalos de (61-80) del Tipo II con una buena calidad.

Se comprueba que este resultado es una clase de roca Tipo II mediante la obtención de la cohesión y el ángulo de fricción.

- Cohesión

$$c = 5 * 66.825 = 329.125 \text{ KPa}$$

- Ángulo de fricción

$$\phi = 5 + \frac{65.825}{2} = 37.54^\circ$$

Los resultados obtenidos son los que se esperaba. Se encuentran en la Clase II, en los límites comprendidos de la cohesión y ángulo de fricción.

Características Geomecánicas

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de tratamiento	20 años con 15 m	1 mese con 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2.5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (KPa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
Angulo de fricción (°C)	>45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	<15°

Tabla 8.13. Significado de las clases de macizos rocosos. Fuente: Mecánica de Rocas / Pedro R. Oyanguren y Leandro A. Monge (2007).

[18]

4.1 Cálculo de la Q de Barton

El cálculo de la Q de Barton (1974) tiene como objetivo caracterizar posteriormente, el tipo de sostenimiento que ha de necesitar el túnel donde se está ejecutando la obra. Se calcula basándose en su forma más sencilla, mediante la relación con el RMR de Bieniawski (1973).

La corrección propuesta por Bieniawski es la siguiente:

$$Q = e^{\frac{RMR-44}{9}}$$

$$Q = e^{\frac{68-44}{9}} = 14.391$$

Este parámetro estima la clasificación geotécnica del macizo rocoso y sobre todo, ayuda a saber qué tipo de sostenimiento se necesita en el túnel.

Índice de clasificación del macizo rocoso (Índice Q)

- 0,00 y 0,01: Roca excepcionalmente mala
- 0,01 y 0,1: Roca extremadamente mala
- 0,1 y 1: Roca muy mala
- 1 y 4: Roca mala
- 4 y 10: Roca media
- 10 y 40: Roca buena
- 40 y 100: Roca muy buena
- 100 y 400: Roca extremadamente buena
- 400 y 1.000: Roca excepcionalmente buena

Clase de macizo rocoso	RMR	Índice Q
Bueno	61 < RMR < 80	6.61 < Q < 54.6
Medio	41 < RMR < 60	0.74 < Q < 6.61
Malo o Muy Malo	RMR < 40	Q < 0.72

Tabla 8.14. Clasificación de Barton (1974). Tipos de macizos rocosos.

La evaluación de la Q de Burton clasifica al macizo rocoso, según su índice, como Roca Buena. Por lo tanto, se puede aplicar el sostenimiento que se había previsto: hormigón proyectado o gunita. [18]

Anejo N°9

Plan de obra

- 1. Elección de método de ejecución**
- 2. Justificación de método adoptado**
- 3. Elección de materiales de restauración**
- 4. Plan de restauración**
- 5. Plazo de ejecución**
- 6. Conclusión**

1. Elección de método de ejecución

Se ha optado por el método de trituración de martillos mecánicos los cuales tienen la capacidad de demoler estructuras de diversa índole. Existen tres tipos de martillos: neumáticos, hidráulicos y eléctricos.

Se utilizará Martillos Hidráulicos.

El martillo triturador hidráulico, es un taladro percutor que funciona realmente como un martillo ya que no agujerea la superficie de trabajo, sino que la percute con el objetivo de romperla a trozos. Su funcionamiento está basado en la utilización de fluido hidráulico el cual circula a presiones elevadas.

Este tipo de martillos son muy utilizados en construcción, demolición e incluso en la minería. Son muy eficaces y recomendables en obras de interior gracias al margen de seguridad que ofrece al usarse en paredes verticales.

Por lo general suelen ser de grandes dimensiones por lo que son acoplados a excavadoras o alguna maquinaria competente. [20]

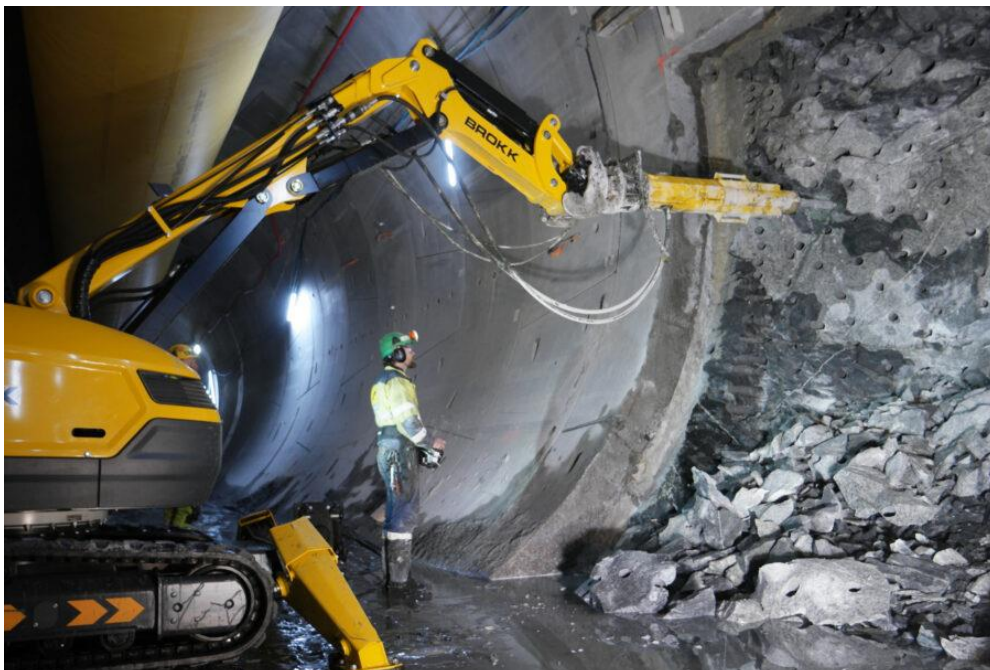


Ilustración 9.1 Martillo hidráulico. Fuente: anzeve.com

2. Justificación de método adoptado

El presente proyecto precisa este tipo de martillo puesto que la zona de proyecto es un túnel, se necesita triturar y quitar la gunita que protege a la malla de acero que se encuentra entre el estrato rocoso y ella.

Se eligió el Martillo Hidráulico ya que es el más adecuado en este tipo de obras de interior. Su eficacia reside principalmente en la percusión que tiene, que puede ir sobre excavadores o algún medio mecánico el cual mejora su rendimiento a la hora de llegar a zonas de trituración que se encuentran en el techo y sobre todo, al alto margen de seguridad que ofrece.

Además, mediante el estudio geotécnico anteriormente calculado, un estrato rocoso bueno (Clase II), se puede utilizar este tipo de martillos trituradores de gunita sin tener otro problema más que el de las filtraciones de agua que tiene en algunas de sus juntas.

A diferencia de los martillos neumáticos que son pequeños percutores portátiles, usados por una persona y que trabajan con aire comprimido; los hidráulicos solo necesitan de un medio mecánico y operador para el proceso mientras que, los neumáticos necesitan varios operadores y un medio mecánico con plataforma para poder llegar a las zonas del techo del túnel. Tienen menos margen de seguridad en trabajos de interior.

3. Elección de materiales de restauración

El hormigón proyectado o gunita

Es una de las técnicas constructivas más utilizadas hoy en día en el revestimiento de paredes de casi cualquier tipo de superficie, sobre todo, son muy utilizados en revestimientos de túneles.

Su sistema constructivo consiste en proyectar hormigón con un cañón o manguera a altas presiones. El objetivo es conseguir un muro continuo de poco espesor y con alta resistencia el cual protegerá la malla metálica de refuerzo del túnel.

Se ha elegido el hormigón proyectado por la rapidez de ejecución que ofrece y por la facilidad de transporte de los medios de ejecución tanto fuera como dentro del túnel.

- Características del árido elegido

Se usará un árido naturales de canto rodado. Las partículas de roca son más resistentes debido a la fuerte erosión que han sido sometidos, además, tienen mayor nivel de compactación el cual ayudará a la homogeneidad de del hormigón.

- Características del cemento elegido

Se eligió un (CE) cemento Portland del tipo II con humo de sílice (SiO_2) por sus altas prestaciones en permeabilidad, resistencia a compresión y resistencia a la flexo tracción. [18] [21] [22]

Fibra de acero

Las fibras de acero se aplicarán al hormigón para garantizar el aumento de su resistencia a la flexo tracción y compresión. Con 75kg/m^3 de fibra se aumenta hasta un 35% elevando su la resistencia hasta 400 kg/cm^2 .

- Características de la fibra de acero elegida

Fibra de acero TABIX (d: 0.65mm l: 35mm), es una fibra ondulada muy utilizada en el revestimiento de taludes y túneles. Su eficacia reside en las altas prestaciones de trabajabilidad, control de fisuración y gran resistencia a la compresión. [22]

Poliuretano proyectado para filtraciones (riego de imprimación)

Compuesto químico de composición celular empleado ampliamente en el aislamiento acústico, aislamiento térmico y la impermeabilización de estructuras industriales.

El poliuretano es un compuesto eficaz y muy utilizado en la impermeabilización de túneles. Ayudará en el proceso de sellado de juntas o grietas que tiene la pared del túnel. [21]

Mallas electrosoldada de acero/alambre para refuerzos

Tiene como objetivo ser reemplazada por las secciones donde el desgaste del acero por acción de la humedad sea considerable.

La nueva malla será soldará a la antigua convirtiéndose en parte de la estructura principal. Deberá ser de acero galvanizado y del mismo tamaño de obstrucción que la malla principal para que la acumulación de gunita proporcione una reparación uniforme.

Las características de la malla deberán ser:

5 x 5 mm x 20 mm de luz de malla.

4. Plan de restauración

1. Eliminación del hormigón

La preparación de la superficie de trabajo es el primero paso a seguir en esta obra. Se necesita eliminar todo el hormigón gunitado que se encuentra en mal estado para su posterior revisión de daños de la estructura de acero que se encuentra dejado de él.

En zonas donde el hormigón tenga mayor humedad de desgaste, se retirará hasta la profundidad que sea necesaria hasta encontrar una superficie competente.

2. Revisión de daños estructurales

Una vez retirada la capa de hormigón, se eximirá visualmente las zonas con mayor desgaste y se excavará más en donde la humedad haya afectado más.

Posteriormente, el acero de las armaduras deberá ser limpiado para su evaluación de daños. Si el acero presenta un desgaste superior al 30% de la sección inicial de la armadura, se deberá cambiar esa zona de desgaste.

3. Restauración de daños

Las zonas en las que la humedad sea relativamente poca y exista juntas visibles, se recomienda agujerar la zona en dirección de la grieta con un taladro para posteriormente ser sellado con poliuretano.

Por otro lado, si las juntas tienen una humedad significativa, se perforará con taladros a través de la junta con un ángulo de 45° y un espaciamiento de ½ del espesor estructural a cada lado del defecto.

En cuanto a las mallas, se cortará la sección afectada que supera el 30% de desgaste y se soldará una nueva sección de malla que cumplan con los requisitos de espaciado.

4. Hidrodosificación de las paredes del túnel

Las paredes del túnel se dosificarán mediante riegos de imprimación y adherencia.

- Imprimación: es la aplicación de un ligante hidrocarbonatado sobre la capa del macizo rocoso el cual será posteriormente cubierto por un tratamiento bituminoso (hormigón proyectado).

Además de mejorar el agarre entre la capa del macizo rocoso y la capa de gunita, ayuda a sellar los pequeños huecos que quedan después del despegue de material antiguo.

- Adherencia: el riego de adherencia es recomendable. Tiene características similares a las de riego de imprimación. Es recomendable porque tiene un grado más alto de adherencia entre las capas bituminosas.

5. Proyección de gunita

Una vez se hayan realizado los pasos anteriores junto con otra valoración de visual de la restauración ya hecha, el siguiente y último paso será proteger la malla metálica con una capa de hormigón proyectado.

Se elegirá el sistema de gunitado por vía húmeda ya que genera menos polvo y es aplicable en túneles con tráfico.

Es aconsejable emplear aditivos en la gunita, en caso de tener condiciones especiales. En este proyecto se empleará los siguientes aditivos ya que las condiciones lo requieren:

- Plastificante: mejorará la impermeabilidad del hormigón.
- Fluidificantes: mejorará la adherencia del hormigón a las armaduras, así como la durabilidad y resistencia del hormigón.

- Acelerantes/activadores.
- Además, se agregará fibras de acero (75 kg/m^3) para mejorar la resistencia a la flexotracción y compresión del hormigón proyectado.

El empleo de estos dos aditivos no solo mejorará la docilidad de la masa sino que también mejorará la resistencia del hormigón proyectado.

5. Plazo de ejecución

De acuerdo con las mediciones y a la envergadura del proyecto se ha establecido un plazo de ejecución de 3 días.

El contratista deberá presentar un plan de obra antes del inicio de las obras, se recomienda que sea un fin de semana en donde haya un puente vacacional ya que se disminuye el tráfico en la zona industrial cercana.

6. Conclusión

El método de ejecución en esta obra viene precedido de un estudio del macizo rocoso en donde se llegó a la conclusión de que no se precisa ningún tipo de sostenimiento especial en las obras del túnel. Por consiguiente podemos utilizar el martillo hidráulico para la ejecución de desprendimiento de la capa de gunita afectada.

Además, se ha elegido materiales de altas prestaciones destaca la utilización de fibras de acero en el acero proyectado con el fin de mejorar la resistencia y durabilidad de la capa protectora de gunita.

Anejo Nº10

Estudio de Seguridad y Salud

- 1. Análisis de legislación aplicable**
- 2. Análisis de riesgos**
- 3. Maquinaria**
- 4. Medidas preventivas de los diversos puestos de trabajo**
- 5. Sustancias toxicas en la obra**
- 6. Señalización de tráfico**
- 7. Presupuestos de seguridad y salud**

1. Análisis de legislación aplicable

Según el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, en el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción. El promotor está obligado a hacer un estudio mínimo de seguridad y salud en obras que cumplan con alguno de los siguientes supuestos:

1. Que las obras de ejecución en las que el presupuesto sea igual o superior a **450.759,08 €**.
2. Que la duración de proyectos sea **superior a 30 días laborales**.
3. Obras de **túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas**.

2. Análisis de riesgos y planificación preventiva

El presente estudio tiene como objetivo analizar los posibles riesgos y peligros que se tiene en la fase de ejecución de la obra. Los riesgos están relacionados con el despegue de material de hormigón en las paredes del túnel de proyecto.

Las fases principales de la obra son: el despegue de gunita antigua mediante la utilización de un martillo hidráulico que cuenta con un índice de seguridad bastante alto gracias a su brazo de trituración, y proyección de hormigón mediante el empleo de medios mecánicos.

A continuación se describe los riesgos de restauración de túneles, así como disposiciones y medidas de seguridad que habrá que tomar.

➤ **Medidas de seguridad del despegue de gunita por medios mecánicos (martillo hidráulico)**

La excavación o despegue con medios mecánicos se hace cuando la envergadura de obra lo requiere y no es necesario el uso de explosivos.

El despegue de hormigón es de características similares a la de obra de avance en la construcción de túneles, en donde son asignadas como obras peligrosas por los posibles desprendimientos que se genera y por el uso de maquinaria de grandes dimensiones.

Las labores de despegue de hormigón deben cumplir ciertas normas de saneo y desescombro paralelamente mientras se ejecuta la obra.

- **Saneo:** son labores cuya finalidad es encontrar zonas de posible desprendimiento del material a quitar o del macizo rocoso afectado por la humedad. Se tiene que inspeccionar visualmente y encontrar estas zonas para su posterior limpieza ya sea con el mismo martillo hidráulico o con picas de inspección detritica. Se hacen junto con el avance de desprendimiento.

- **Desescombro:** retirada del material estéril que se origina durante el proceso de despegue mediante la percusión del martillo hidráulico. Es necesario contar con una pala cargadora y camiones adecuados para el transporte de estéril.

El despegue de hormigón empezará por la parte superior del túnel y será de una dimensión igual o superior a la maquina con el martillo hidráulico. Se avanzará 2-3 m y se efectuará las labores de saneo y desescombro. Se aplicará un sostenimiento de hormigón proyectado con aceleración de fraguado en las zonas en donde aun habiendo saneado y limpiado, la fiabilidad no es 100%.

El motivo principal de accidente en la ejecución de obras de esta índole es:

- Proyecciones de hormigón mientras se está picando la superficie del túnel.

Las normas más importantes en cuanto a este tipo de trabajo de refiere son:

- El túnel debe ser evacuado antes de que el procedimiento de despegue de material de inicio.
- Durante el transcurso de despegue de material en el interior del túnel, la única persona que puede estar dentro, será el conductor del martillo hidráulico. Una vez accionado el martillo picador, el riesgo de ser golpeado por algún material desprendido por efecto de la vibración es muy alto.
- La máquina portadora del martillo debe colocarse siempre debajo del último saneo de seguridad que ha hecho.
- El despegue de material se hará a media que se haga el respectivo saneo y sostenimiento de seguridad.
- Es importante vigilar regularmente el estado de la pared del túnel aun habiendo hecho el respectivo saneo y sostenimiento.
- En caso de tener desprendimiento de la pared del túnel, se informará y retirará a todo el personal para su posterior toma de medidas necesarias.

Por último y no menos importante, las normas básicas de seguridad en excavación y desescombro:

- Es recomendable eliminar el polvo generado por el desprendimiento de material de la pared. Para ello se puede utilizar cualquier tipo de mecanismo que proyecte agua.
- La maquinaria utilizada en la obra debe contar con todos los sistemas básicos de seguridad: luces, señales, retrovisores, sistema acústico de marcha atrás, etc.
- Tener una iluminación en el frente donde se está despegando material.
- Debe haber una persona encargada de vigilar, desde una zona segura, las posibles proyecciones que puedan ocasionarse mientras se está ejecutando la obra.

- **Medidas de seguridad en el sostenimiento**

El tipo de sostenimiento se ha elegido gracias a estudios previos en donde se ha dado a conocer el tipo de roca, el RMR y la Q de Burton que nos recomienda utilizar un tipo de sostenimiento.

En la presente obra el tipo de sostenimiento será el hormigón proyectado. Esto se debe a que el proyecto tiene como objetivo quitar la capa de hormigón proyectado que se encuentra húmeda, aplicar una capa hidrocarbonatada, y sellar con otra nueva capa de hormigón proyectado.

A continuación se cita unas recomendaciones de seguridad para el sostenimiento:

- Una vez ejecutada la fase de desprendimiento del antiguo hormigón proyectado, se efectúa la operación de saneo.
- Debe hacerse una exhaustiva inspección visual de las posibles zonas en las que haya peligro de desprendimiento.
- Estas zonas serán saneadas de manera que queden totalmente limpias de material poco resistente.
- Se aplicará una capa de imprimación hidrocarbonatada que sellará los posibles huecos o grietas. Además dosificará la pared para una mejor adherencia de la capa de gunita.
- Por último, se proyecta el hormigón dando el acabado que se desea.

➤ **Medidas de seguridad en la carga y transporte del escombro**

Una vez se haya realizado el desprendimiento de las paredes del túnel, se necesita quitar el escombro de la zona. Para ello se necesita una pala cargadora y un camión con capacidad para llevar escombro.

Este procedimiento se lleva acabo cuando se haya realizado el respectivo saneo de seguridad en el techo del túnel.

Se recomienda regar agua sobre el material estéril para evitar generar polvo.

El proceso de desescombro es uno de los que hay que tener mayor cuidado. Esto se debe a las máquinas de gran tamaño entran en el túnel y se encuentran en un espacio parcialmente reducido en el cual tienen que maniobrar. Los peligros que hay que tener en cuenta son:

- Riesgo de atropello y aplastamiento por las grandes máquinas de obra.
- Caída de material una vez esté dentro del camión de desescombro.

Las recomendaciones en cuanto a las medidas de seguridad son:

- Revisar que las máquinas se encuentren en perfecto estado de uso.
- Cuando se efectúe el desescombro, solo el personal operario de las maquinas puede estar en la obra.
- El personal de la obra en general deberá estar siempre atento a todas las maniobras que efectúen los operarios.
- La cantidad de escombro recogida por el cazo o pala, no debe sobrepasar sus dimensiones para evitar la caída repentina de escombro.
- Los operarios deben señalar siempre las maniobras que van a efectuar.
- Las máquinas deben moverse a velocidades muy bajas en la obra.
- Se debe señalar en todo momento la zona donde se está realizando el desescombro.

[1] [20]

3. Maquinaria

La maquinaria utilizada en este proyecto solo la podrán usar los operarios cualificados y autorizados por el encargado de obra.

Se precisa que los operarios estén familiarizados con las máquinas para poder tener un trabajo dinámico.

En caso de necesitar mantenimiento, se recomienda seguir las instrucciones del fabricante.

Además, se deberá cumplir el Real Decreto 1215/97 de 18 de julio en donde se habla sobre las normas mínimas seguridad que deben seguir los operarios de estas máquinas.

Por otro lado, la maquinaria deberá constar con lo siguiente:

- Documentación reglamentaria de circulación de la máquina así como también, documentación de normas de seguridad para los operarios.
- Extintor anti incendios.
- Equipo de señalización como: luces, retrovisores, bocinas, etc. Todo este equipo tiene que estar en condiciones óptimas.

La maquinaria para la ejecución de esta obra será:

- Martillo hidráulico sobre retroexcavadora
- Pala cargadora
- Camión dumper
- Camión con ligante de imprimación
- Camión de gunita con manguera de proyección

Entre otros:

- Martillo neumático picador
- Monobloc para herramientas
- Monobloc para vestuarios
- Baño portátil

Martillo hidráulico sobre retroexcavadora

Riesgos:

- Desprendimiento de capas de hormigón o derrumbamientos en las paredes del túnel.

- Proyecciones de partículas no deseadas.
- Aplastamiento de personal durante las maniobras.
- Aplastamiento y golpes con el martillo hidráulico.
- Choque contra las paredes de la obra o contra otra máquina.
- Transmisión de vibraciones que provocan desprendimiento no deseado.
- Producción de ruido y polvo durante el funcionamiento del martillo.
- Emisión de gases de CO₂ producidos por los motores de las máquinas.

Medidas de seguridad:

- Toda máquina debe contar con su respectivo manual de instrucciones el cual será utilizado por el operario.
- La cabina desde donde opera el personal debe estar revestida de material contra impactos.
- Debe tener un extintor anti incendios en la cabina.
- Las maniobras siempre se señalizarán ya sea mediante la utilización de luces o bocina.
- La trayectoria de trabajo de la máquina tiene que estar exenta de obstáculos: trabajadores u objetos.
- Continúa revisión visual del martillo picador ante el desgaste.
- El personal debe alejarse de la zona de ejecución del martillo hidráulico.
- Queda terminantemente prohibido manipular el motor de alguna máquina cuando está en funcionamiento.

Pala cargadora

Riesgos:

- Golpes en las paredes del túnel por maniobra.
- Aplastamiento de personal durante las maniobras.
- Caída de material del cazo donde es transportado.
- Aplastamiento por derrumbamiento de las paredes.
- Emisión de gases de CO₂ producidos por los motores de las máquinas.

Medidas de seguridad

- La máquina debe contar con su respectivo manual de instrucciones el cual será utilizado por el operario.
- La cabina desde donde opera el personal debe estar revestida de material contra impactos.
- Debe tener un extintor anti incendios en la cabina.
- Las maniobras siempre se señalizarán ya sea mediante la utilización de luces o bocina.
- La trayectoria de trabajo de la ma
- áquina tiene que estar exenta de obstáculos: trabajadores u objetos.
- Vigilar frecuentemente el estado del terreno y de los escombros.
- El personal debe alejarse del radio de carga de la pala.
- El cazo no debe sobrepasar el límite cuando se transporta el escombros.
- No utilizar el caso para el transporte de otros objetos o personal.
- Queda terminantemente prohibido manipular el motor de alguna máquina cuando está en funcionamiento

Camión de imprimación / Camión de gunita

Riesgos:

- Desprendimiento de capas de hormigón o derrumbamientos en las paredes del túnel.
- Proyección de fragmentos durante la proyección de gunita.
- Golpes la manguera que proyecta la gunita.
- Fallo en la tubería de la gunita que provocan la rotura de esta.
- Tropiezos con las mangueras que transportan el material.
- Aplastamiento de personal durante las maniobras de gunitado.
- Emisión de gases de CO₂ producidos por los motores de las máquinas.
- Emisión de polvo y ruido durante el vertido de gunita.

Medidas de seguridad:

- La máquina debe contar con su respectivo manual de instrucciones el cual será utilizado por el operario.
- La cabina desde donde opera el personal debe estar revestida de material contra impactos.

- Debe tener un extintor anti incendios en la cabina.
- Las maniobras siempre se señalizarán ya sea mediante la utilización de luces o bocina.
- La trayectoria de trabajo de la máquina tiene que estar exenta de obstáculos: trabajadores u objetos.
- Vigilar frecuentemente el estado del terreno donde se está proyectando la gunita.
- El personal debe alejarse del radio de proyección de gunita.
- El manejo de la manguera de proyección debe hacerse con cuidado.
- Comprobar periódicamente el estado de las tuberías de mangueras.
- Cerrar las tuberías siempre cuando se precisa cambiar alguno de sus tramos.
- Queda terminantemente prohibido manipular el motor de alguna máquina cuando está en funcionamiento.
- Una vez se finalice el proceso de gunitado, se limpiarán las mangueras para evitar posible obstrucciones.

4. Medidas preventivas de los diversos puestos de trabajo

Encargado:

- Debe planificar y organizar el proceso y la mecánica de los trabajadores de obra.
- Se encargará de controlar y supervisar el proceso de ejecución
- Vigilará continuamente el cumplimiento de la planificación.
- Debe mantener limpios los espacios de trabajo en todo momento.
- Organiza y controla que no haya aglomeración de maquinaria en la zona de ejecución.
- Controlar que todos los equipos de protección de los trabajadores sean los adecuados para las labores.
- Facilitará materiales, procedimientos y técnicas de ejecución.
- Se encarga de realizar cálculos y mediciones en obra. Así como interpretar planos y replantear unidades.
- Es la única persona competente que asume la relación técnica con la dirección de obra.

Operario del martillo hidráulico:

- Realizar revisiones previas al manejo para garantizar su funcionamiento óptimo (Lubricación, combustible, etc).

-
- Trabaja siempre bajo la zona anteriormente saneada y sostenida, fuera del alcance de la proyección de escombros.
 - Deberá vigilar constantemente las zonas de posible desprendimiento.
 - Las maniobras se harán con precaución y serán siempre señalizadas.
 - La cabina permanecerá cerrada para evitar el impacto directo con proyecciones y polvo.
 - En caso de desprendimiento de la pared del túnel, deberá parar sus funciones y salir de la zona.
 - Las actividades de mantenimiento se harán únicamente cuando la máquina no esté operando.
 - Se recomienda descansar durante la jornada de ejecución o cambiar de operario.
 - En caso de mantenimiento o reparación, se comunicará al encargado de obra.

Palista

- Realizar revisiones previas al manejo para garantizar su funcionamiento óptimo (Lubricación, combustible, bombas de proyección, etc).
- Trabaja siempre bajo la zona anteriormente saneada y sostenida, fuera del alcance de la proyección de escombros.
- Deberá vigilar constantemente las zonas de posible desprendimiento.
- Las maniobras se harán con precaución y serán siempre señalizadas.
- La cabina permanecerá cerrada para evitar el impacto directo con proyecciones y polvo.
- En caso de desprendimiento de la pared del túnel, deberá parar sus funciones y salir de la zona.
- No sobrecargar en ningún momento el cazo de la pala.
- No utilizar como medio de transporte de personal.
- En caso de mantenimiento o reparación, se comunicará al encargado de obra.
- Las actividades de mantenimiento se harán únicamente cuando la máquina no esté operando.

Gunitador

- Realizar revisiones previas al manejo para garantizar su funcionamiento óptimo (Lubricación, combustible, bombas de proyección, etc).
- Preparará la zona de trabajo y organizará la forma de proyección de gunita.

- Usará equipos de trabajo adecuados para la ejecución del mismo.
- Trabajaré siempre bajo la zona anteriormente saneada y sostenida, fuera del alcance de la proyección de escombros.
- Deberé vigilar constantemente las zonas de posible desprendimiento.
- Las maniobras se harán con precaución y serán siempre señalizadas.
- El personal debe alejarse de la zona de proyección del hormigón y sobre todo de la manguera que lo proyecta.
- Las actividades de mantenimiento se harán únicamente cuando la máquina no esté operando.
- En caso de mantenimiento o reparación, se comunicará al encargado de obra.

[1] [20]

5. Sustancias tóxicas en la obra

Existen dos principales tipos de contaminación en la construcción o rehabilitación de túneles: los gases tóxicos procedentes de la combustión de la maquinaria utilizada y el polvo producido en las labores de desescombro.

Gases de combustión: producidos principalmente por los motores diésel de las máquinas de trabajo.

Polvo: producido por la percusión del martillo picador, la recogida del escombro y por el gunitado.

- **Gases de combustión**

Existen dos tipos de gases que son emitidos por motores de combustión interna de diésel o gasolina: inofensivos y contaminantes.

Los inofensivos están formados, principalmente, por nitrógeno, oxígeno, vapor de agua, dióxido de carbono e hidrógeno.

Por otro lado los contaminantes, están formados por hidrocarburos, dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y plomo.

Son producidos principalmente por los motores de las máquinas de la obra. Para evitar las concentraciones elevadas de gas contaminantes en la zona de trabajo, se usará un buen sistema de ventilación.

Medidas preventivas:

- Verificar el estado de los motores de las máquinas que se van a utilizar en la obra.
- En caso de fallo o daño en el motor de alguna máquina, comunicar al encargado de la obra.
- Se deben realizar mediciones de la atmosfera donde se está trabajando para poder prevenir concentraciones elevadas de gases contaminantes.
- Se instalará un buen sistema de ventilación que depure el aire de la zona de trabajo.

Por último, si alguna de las máquinas que se encuentran trabajando sufre algún fallo en el motor que provoque altos niveles de contaminación, el operario deberá apagar la máquina. Se informará al encargado de obra para tomar las medidas preventivas necesarias.

- **Polvo**

Es un factor importante que hay que tener en cuenta en este tipo de obras. Depende directamente de las labores de despegue de gunita y de la cantidad de la cantidad de sílice que contenga.

La sílice llega a ser perjudicial para la salud si la concentración es muy alta, en estos casos, se debe informar a la autoridad competente para que tome medidas preventivas de seguridad.

Sus efectos generalmente son: reducción de la visibilidad, irritaciones cutáneas, y por último, su inhalación altera las vías respiratorias.

Se generan 3 tipos de polvo: mientras se pica las paredes del túnel, en la tarea de desescombro y la proyección de hormigón.

Polvo producido por el martillo hidráulico

Es el polvo producido por el arranque de material de las paredes del túnel que generalmente están compuestas por hormigón proyectado en avanzado nivel de deterioro.

Polvo producido en la tarea de desescombro

Esta labor genera grandes cantidades de polvo debido a que se remueve todo el material ya triturado para ser trasladado hacia el exterior del túnel.

Se recomienda regar la zona de escombros para evitar generar grandes cantidades de polvo.

Polvo producido por la proyección de hormigón

Aun así, el gunitado por vía húmeda produce polvo. Este proceso tiene como objetivo reducir la generación de polvo en el momento de la ejecución.

[1] [20]

6. Señalización de tráfico

Según la Norma de Carreteras 8.3-1C ``Señalización de Obras`` deberán adoptarse las medidas necesarias de señalización en carreteras en donde se ejecuten obras.

Por lo general, cuando se realizan obras en el interior de un túnel, tendrá siempre un carácter de obra nocturna. Además, se debe señalar las obras antes de entrar al túnel incluyendo la limitación de velocidad por motivos de obras. Por último, se señalará con luces ámbar (fija o intermitente) en ltrada y en el interior del túnel.

Las señalizaciones mínimas de seguridad en este tipo obra serán:

- Señales de limitación de velocidad por obras.
- Señales de proximidad de obras.
- Señales de prohibición, advertencia y obligación.
- Señales de desvío
- Señales de Stop por obras

7. Presupuesto de seguridad

El encargado de la seguridad se encargará de dar a conocer al Director de la Obra los presupuestos mínimos de seguridad que se deben optar en la obra.

Este presupuesto será de conocimiento para el Contratista el cual se hará cargo.

SEÑALIZACIÓN			
Tipo	Ud	Precio	Valor
Señal de Stop por obras	2	25,97	51,95
Cartel desvío de vía con iluminación	2	65	131,32
Cartel de reducción de velocidad	4	15,2	60,8
Carteles de velocidad de circulación	6	18,96	113,76
		Suma	357,83
PROTECCIÓN INDIVIDUAL DEL CUERPO			
Tipo	Ud	Precio	Valor
Casco de seguridad	8	35,63	285,04
Gafas anti impacto	8	11,36	90,88
Máscaras anti polvo	15	3,11	46,65
Protector soldadura	2	7,9	15,8
Pantalla de seguridad ante la soldadura	2	13,31	26,62
Mono de trabajo	8	52,25	418
Peto reflectante	8	25,89	207,12
Guantes de uso general	8	17,9	151,2
Zapatos de seguridad	8	95,95	767,6
		Suma	2008,91
TOTAL			2 366.74

Tabla 10.1. Presupuestos de seguridad y salud.

El presupuesto asciende **DOS MIL TRECIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.**

Anejo Nº11

Presupuestos para conocimiento de la administración

1. **Presupuestos de la ejecución de materiales**
2. **Presupuesto para el conocimiento de la administración**

1. Presupuestos de la ejecución de materiales

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	10 531.62
1.2	MATERIALES.....	72 367.19
1.3	SEGURIDAD Y SALUD.....	2 366.74
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL		85 265.55

OCHENTA Y CINCO MIL DOCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS

2. Presupuesto para conocimiento de la Administración

RESUMEN DE PRESUPUESTOS

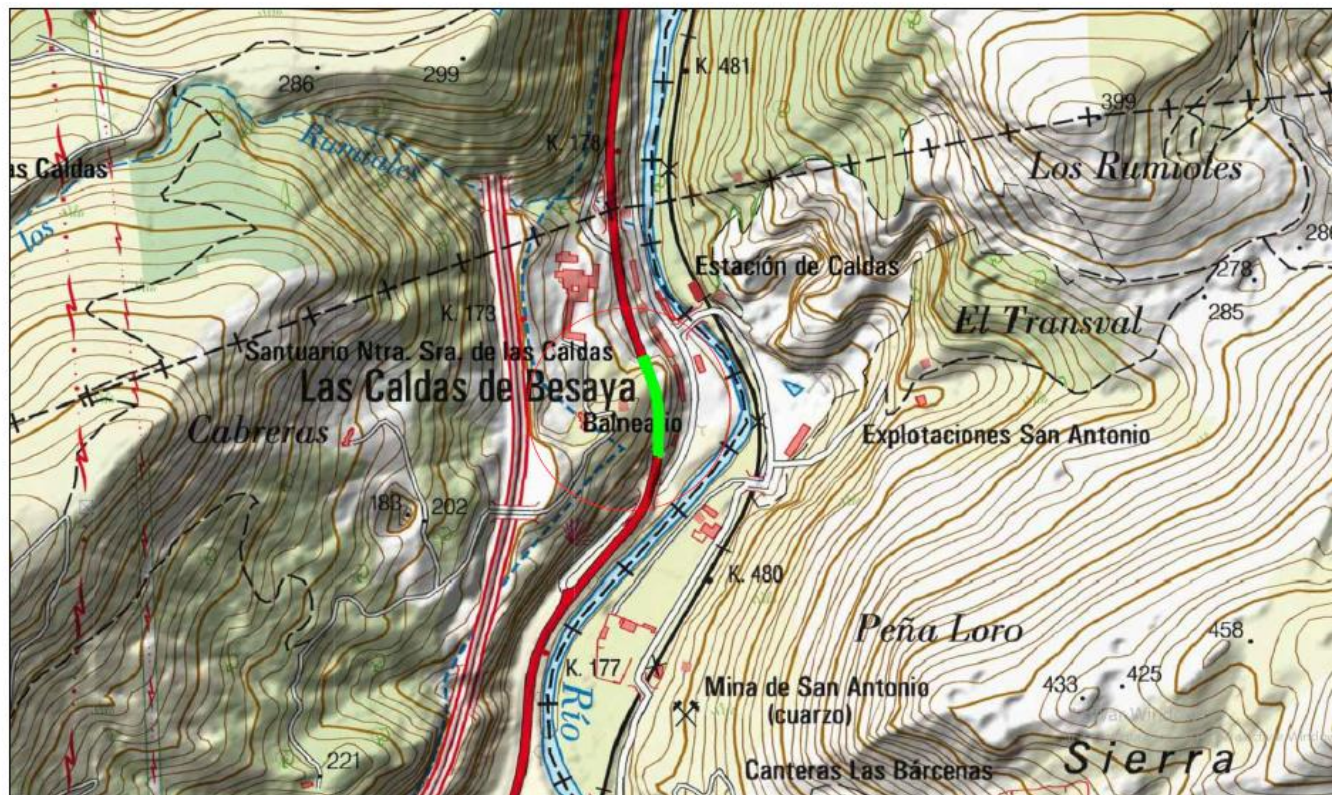
CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	10 531.62
1.2	MATERIALES.....	72 367.19
1.3	SEGURIDAD Y SALUD.....	2 366.74
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL		85 265.55
	13% Gastos generales	11 084.52
	15% Beneficio industrial	12 789.83
	Suma.....	23 874.35
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		109 139.90
	21% IVA.....	22 919.37
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		132 059.27

El presupuesto base de licitación asciende a la cantidad de **CIENTO TREINTA Y DOS MIL CINCUENTA Y NUEVE EUROS con VEINTISIETE CÉNTIMOS**.

DOCUMENTOS Nº2

PLANOS





TÍTULO PROYECTO:	REHABILITACIÓN DEL TÚNEL DE LAS CALDAS DEL BESAYA		
TÍTULO PLANO:	EMPLAZAMIENTO DEL TÚNEL		
ESCALA:	-	Fdo: Adrian I. Jurado Aldaz	PLANO Nº: 2
FECHA:	25 - 08 - 2019		

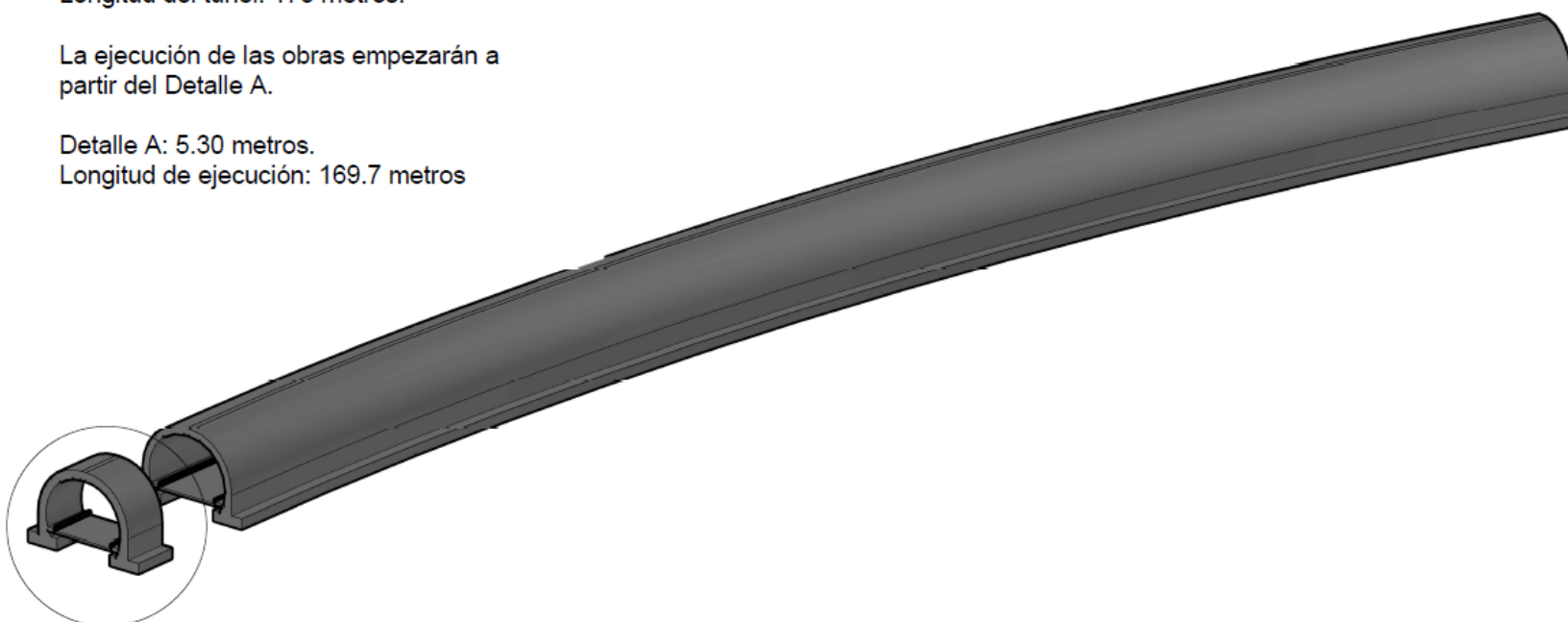


Longitud del túnel: 175 metros.

La ejecución de las obras empezarán a
partir del Detalle A.

Detalle A: 5.30 metros.

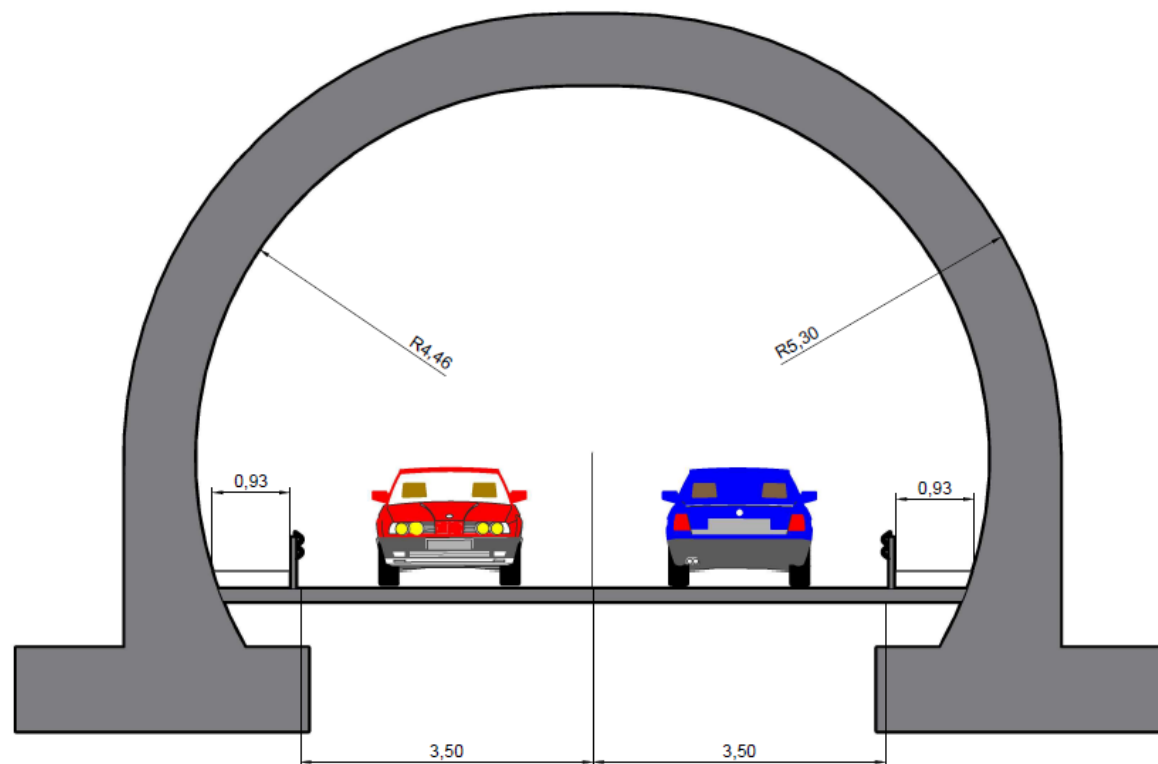
Longitud de ejecución: 169.7 metros





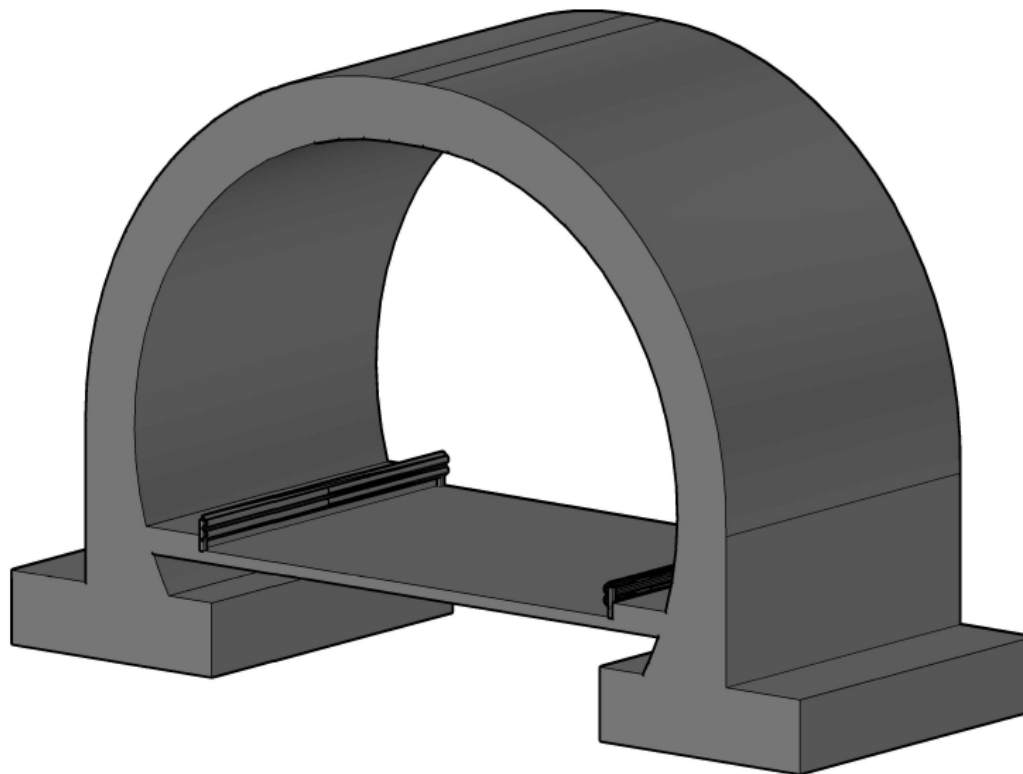
Detalle A





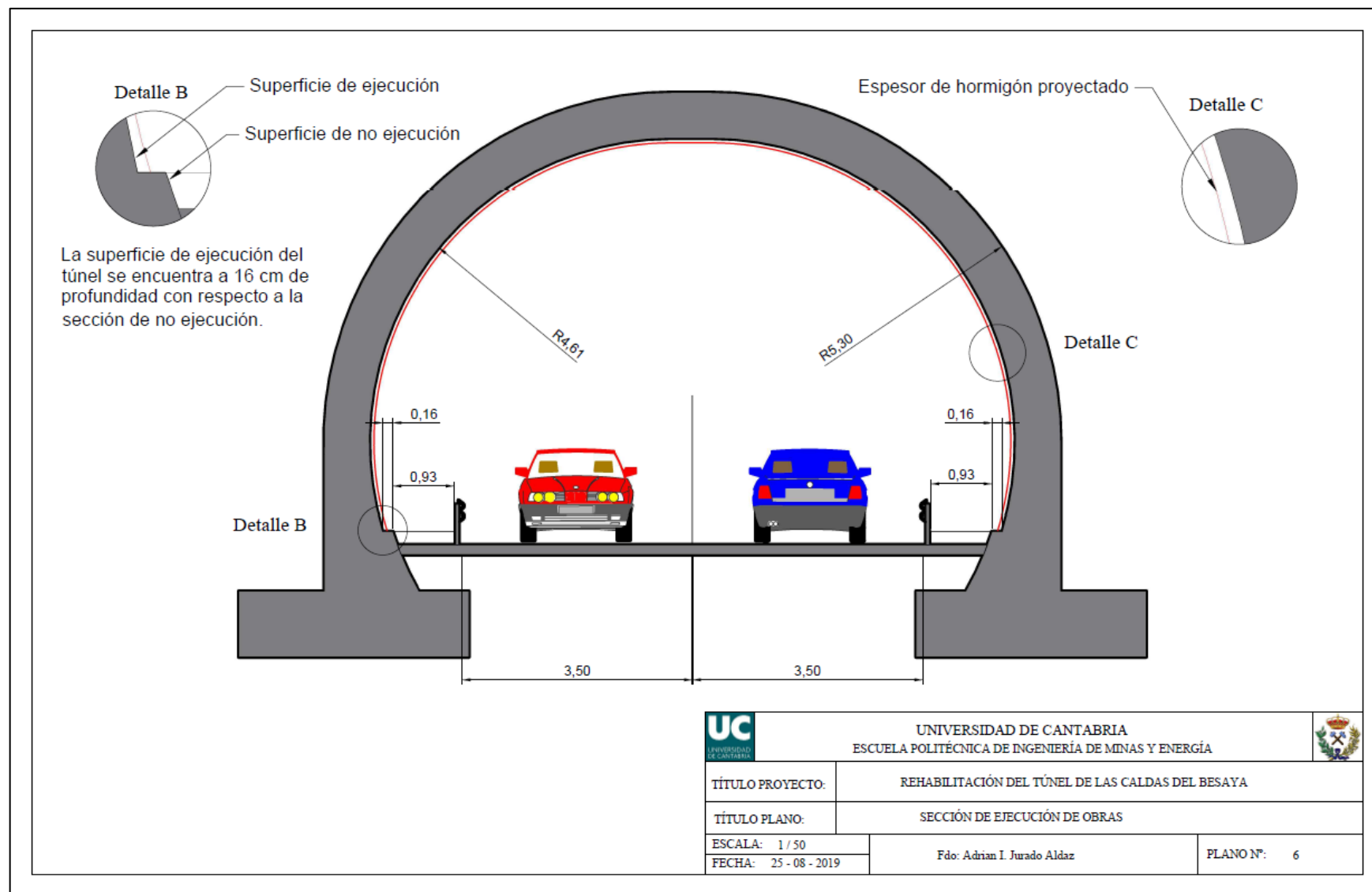
TÍTULO PROYECTO:	REHABILITACIÓN DEL TÚNEL DE LAS CALDAS DEL BESAYA		
TÍTULO PLANO:	REPRESENTACIÓN DEL TÚNEL DE LAS CALDAS DEL BESAYA		
ESCALA:			
FECHA: 25 - 08 - 2019	Fdo: Adrian I. Jurado Aldaz	PLANO Nº:	3



		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA		
TÍTULO PROYECTO:		REHABILITACIÓN DEL TÚNEL DE LAS CALDAS DEL BESAYA		
TÍTULO PLANO:		SECCIÓN DE NO EJECUCIÓN DEL TÚNEL - Detalle A		
ESCALA: 1 / 50		Fdo: Adrian I. Jurado Aldaz		PLANO Nº: 4
FECHA: 25 - 08 - 2019				

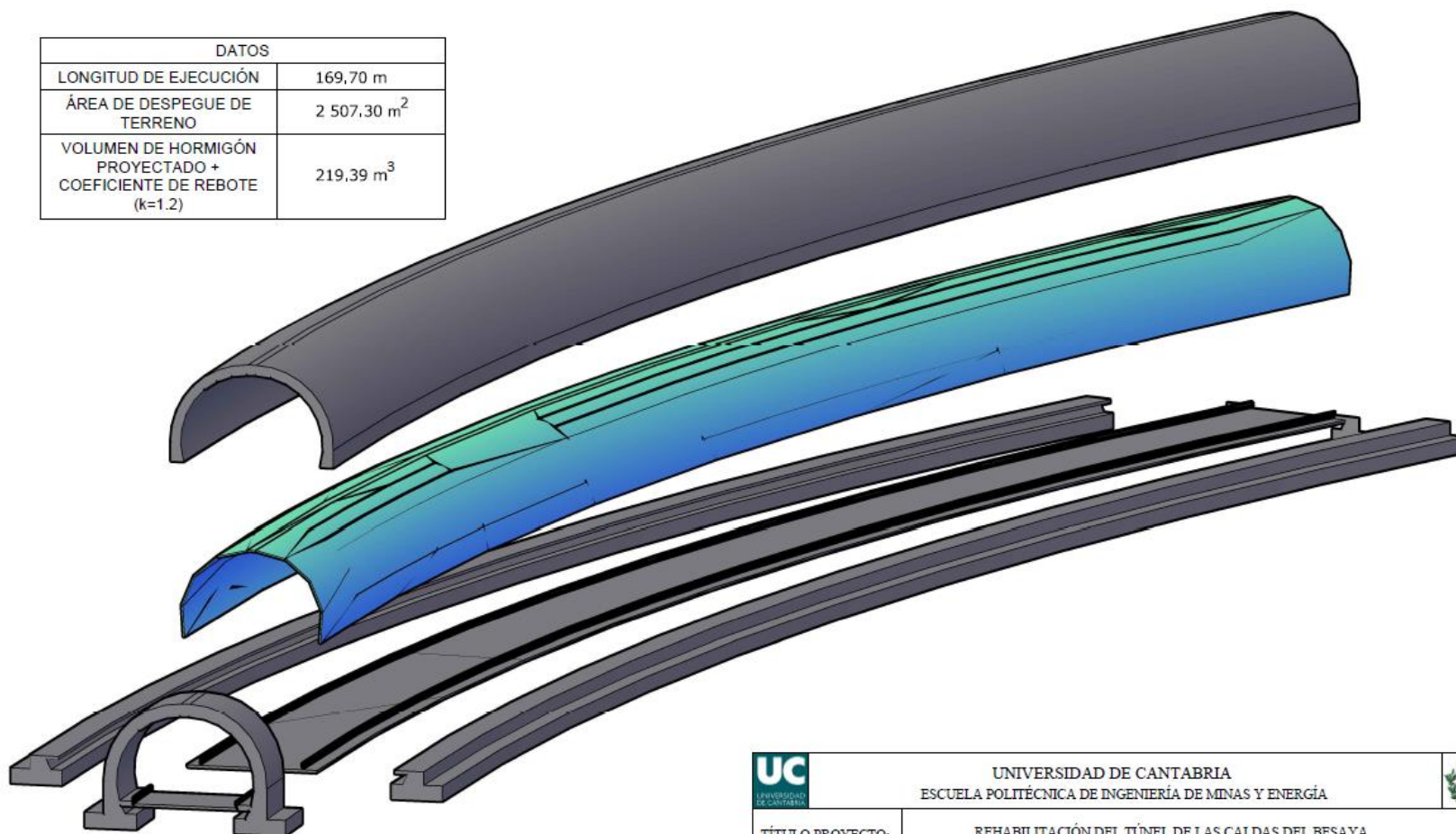


		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA		
TÍTULO PROYECTO:		REHABILITACIÓN DEL TÚNEL DE LAS CALDAS DEL BESAYA		
TÍTULO PLANO:		SECCIÓN DE NO EJECUCIÓN		
ESCALA: 1 / 50		Fdo: Adrian I. Jurado Aldaz		PLANO Nº: 5
FECHA: 25 - 08 - 2019				





DATOS	
LONGITUD DE EJECUCIÓN	169,70 m
ÁREA DE DESPEGUE DE TERRENO	2 507,30 m ²
VOLUMEN DE HORMIGÓN PROYECTADO + COEFICIENTE DE REBOTE (k=1.2)	219,39 m ³



UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA	
TÍTULO PROYECTO:	REHABILITACIÓN DEL TÚNEL DE LAS CALDAS DEL BESAYA		
TÍTULO PLANO:	CAPA DE HORMIGÓN PROYECTADO		
ESCALA:	Fdo: Adrian I. Jurado Aldaz		PLANO Nº: 7
FECHA: 25 - 08 - 2019			

DOCUMENTOS Nº3 – PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

PARTE I: INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

- ARTÍCULO 100. NATURALEZA Y ÁMBITO DE APLICACIÓN
- ARTÍCULO 101. DISPOSICIONES GENERALES
- ARTÍCULO 102. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS
- ARTÍCULO 103. INICIACIÓN DE LAS OBRAS
- ARTÍCULO 104. DESARROLLO Y CONTROL DE LAS OBRAS
- ARTÍCULO 105. RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA
- ARTÍCULO 106. MEDICIÓN Y ABONO

PARTE II: UNIDADES DE OBRA

1. MATERIALES BÁSICOS

CAPÍTULO I: CONGLOMERANTES

ARTÍCULO 202 Cementos

CAPÍTULO II: METALES

ARTÍCULO 241 Mallas electro soldadas

2. EXPLANACIONES

CAPÍTULO I: TRABAJOS PRELIMINARES

ARTÍCULO 301 Demoliciones

3. FIRMES

CAPÍTULO I: RIEGOS BITUMINOSOS

ARTÍCULO 530 Riego de imprimación

4. TÚNEL

CAPÍTULO I: OBRA CIVIL DEL TÚNEL

ARTÍCULO 903 Sostenimiento en túneles

PARTE III: DISPOSICIONES GENERALES

- 1. PLAZO DE EJECUCIÓN
- 2. PLAZO DE GARANTÍA

PARTE I: INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES ^[23]

ARTÍCULO 100 NATURALEZA Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

- **100.1 DEFINICIÓN**

Este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares forma un conjunto de normas, instrucciones y especificaciones que junto con los Pliegos de Técnicos Generales para la construcción de Obras de Carreteras y Puentes, desarrollarán las condiciones técnicas de los materiales así como sus unidades de obra.

- **100.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN**

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares tiene como objetivo ser aplicado a la construcción, dirección, control e inspección de las obras definidas en el Proyecto de Rehabilitación del Túnel de las Caldas del Besaya en carretera N-611.

ARTÍCULO 101 DISPOSICIONES GENERALES

- **101.1 DIRECCIÓN DE LA OBRA**

La dirección facultativa de la obra la llevará a cabo una persona competente; un Ingeniero de Minas cualificado o un Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

- **101.2 PERSONAL DEL CONTRATISTA**

El encargado de Contratista deberá tener la titulación de Ingeniero Técnico de Obras Públicas o Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos con amplia experiencia laboral.

Será formalmente presentado por el Contratista al Ingeniero Director de la Obra para su posterior aceptación como Jefe de Obra con carácter exclusivo. En el transcurso de la presentación, el Ing. Director de la Obra puede aceptar o no su cargo, así como puede restituirlo en caso de haber motivos para ello.

- **101.3 SUBCONTRATADOS**

Se tendrá que informar por escrito a la Administración sobre todo subcontrato con sus respectivas indicaciones de contrato que van a realizar. Tiene que cumplirse los requisitos y condiciones que se establecen en el Artículo 116 de la Ley de Contratos de la Administración Pública.

ARTÍCULO 102 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

- **102.1 PLANOS**

El Contratista tendrá que realizar los planos de detalle que solicite la Dirección para ser complementados a los del proyecto y llevarlos a la citada Dirección para su posterior aprobación. Se aconseja que estén acompañados de una memoria y cálculos justificados para su mejor comprensión.

- **102.2 CONTRADICCIONES**

Si se llegase a encontrar discordancia entre todas las limitaciones técnicas en su aplicación conjunta, se omitirán y se tomarán en cuenta solo aquellas que Dirección vea más convenientes.

- **102.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS**

El presente proyecto tiene como objetivo en el refuerzo estructural de un túnel ubicado en uno de los tramos de la carretera N-611, comprendido entre los PK 177 y 178, a la altura de las Caldas del Besaya.

Descripción del túnel:

- Longitud del túnel: 175 m
- Longitud de ejecución: 169.70 m
- Excavación con medios mecánicos: 2 507.30 m²
- N° de carriles: 2
- Ancho de carril. 3.50 m

ARTÍCULO 103 INICIACIÓN DE LAS OBRAS

• 103.1 PROGRAMA DE TRABAJO

De acuerdo con lo que dispone la Ley de Contratos de la Administración Pública y el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Construcción de Obras del estado, el contratista tendrá un plazo de (1) mes para presentar un plan de trabajo detallado, a partir de la fecha que se le ha notificado la autorización para la instalación de las obras.

Este plan de trabajo deberá constar con unidades relativas a demoliciones así como obras complementarias.

El Programa establecerá el orden que se debe seguir en la obra, además se estudiará la forma para que los operarios de obra tengan mejor protección, así como la manera de que el tráfico sea afectado lo menos posible mediante la utilización de señales de regulación de velocidad y de desvío desvíos de vía.

• 103.2 ORDEN DE INICIACION DE OBRA

El contratista podrá iniciar las obras en cuanto tenga la orden del Director de la Obra. Se comenzarán dichas obras en los puntos que se señalen.

ARTÍCULO 104 DESARROLLO Y CONTROL DE LAS OBRAS

• 104.1 EQUIPOS DE MAQUINARIA

Las modificaciones que el contratista considere necesaria introducir a la maquinaria en cuyo carácter es obligatorio, se debe hacer un informe previo que será presentado al Director de la Obra que a su vez, presentará dicho informe a la Administración para su posterior aceptación.

• 104.2 ENSAYOS Y CONTROL

Los ensayos son necesarios para garantizar la calidad del material que se ha empleado. Deberán cumplir con las exigencias que se estable según el presente Pliego

de Prescripciones. El Contratista se encargará de hacer un informe de análisis de materiales el cual está a libre disposición del Director de la Obra.

- **104.2.1 CONTROL DE LA DIRECCIÓN**

La Dirección podrá realizar comprobaciones, mediciones y ensayos que crea necesarios, además de un seguimiento de Calidad. El Director de la Obra podrá prohibir la ejecución de una unidad si no se dispone de sus respectivos procedimientos de ejecución dentro de la misma. Este contratiempo será enteramente responsabilidad del contratista si se llegase a percibir demora en la ejecución, costes, etc.

- **104.3 MATERIALES**

Los materiales utilizados en esta obra deberán cumplir con las condiciones que se establecen en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3/75 y el presente Pliego Prescripciones Técnicas Particulares.

Todos los materiales utilizados en esta obra han de ser los adecuados al fin y sobre todo, deberá ser el mejor entre su clase.

Para valorar su calidad de acuerdo con su procedencia y características, se citará en el proyecto una normal oficial o criterios de la buena fabricación del material. Si este material convence las expectativas en cuanto la relación calidad/precio al Director de la Obra, se dispondrá de el para la ejecución del proyecto.

Si el material propuesto para ser utilizado en la obra no se encuentra en lugares cercanos, la Administración no asume la responsabilidad de transporte.

Este transporte desde cualquier punto de procedencia, no se considera objeto de medición, se encuentra incluido en el precio de todos los materiales y unidades de la obra.

- **104.4 TRABAJOS NOCTURNOS**

Estos trabajos deberán ser notificados y previamente autorizados por el Director de la Obra el cual tendrá la autoridad para notificar que tipo de unidades se podrán utilizar. El Contratista tendrá la obligación de instalar y mantener en perfecto estado el equipo de iluminación necesario que el Director ordene.

- **104.5 TRABAJOS DEFECTUOSOS**

En caso de que hubiese demolición y reconstrucción de zonas defectuosas, el Director de la Obra podrá exigir al Contratista la propuesta en la que garantice que se cumplirán con los plazos de ejecución establecidos o a su vez, la recuperación del retraso que ha causado este trabajo defectuoso.

- **104.6 SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO DE LAS OBRAS**

Por ningún motivo se iniciarán actividades de obra si no se ha colocado la respectiva señalización. El contratista es el responsable del estricto cumplimiento de esta norma y además, es el que se encargará de las medidas que deben tomarse en cuando a señalizar, balizar y sobre todo; en proteger la obra de la libre circulación que pudiera haber en caso imprudencia de algún conductor viario.

Si el Director de la Obra considera que se debe señalizar alguna zona, podrá hacer modificaciones mediante órdenes escritas las cuales serán de obligado cumplimiento para el Contratista.

La señalización y balizamiento en las obras son de obligado cumplimiento y se harán de acuerdo con la Instrucción 8.3.-I.C sobre Señalización, Balizamiento y Defensa, aprobada por O.M. de 31 de Agosto de 1987 y modificada por el R.D. 208/1989 de 3 de Febrero.

Además, en el presente Proyecto el Contratista debe cumplir obligatoriamente con todo lo dispuesto en los ARTÍCULOS 2, 3, 4 y 5 por la O.M. de 31 de Agosto de 1987, y lo propuesto en:

- Orden Circular 300/89 P y P de 20 de Marzo sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de un poblado.

Cuando se haya adjudicado las obras y aprobado el programa de trabajos, el Contratista creará un Plan de Señalización, Balizamiento y Defensa que se ajustará al sistema de ejecución de la obra ya establecido. Este plan deberá ser presentado expresamente a la Dirección Facultativa la cual actuará de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 2 de la O.M. de 31 de Agosto de 1987 para su aprobación.

Una vez aprobado el plan, el Contratista es el que se encargará de señalar, vigilar y conservar las señales en sus respectivos sitios. Así como también, queda bajo su responsabilidad, asegurarse de que el tráfico de maquinaria fluya en todo momento de forma ordenada durante la ejecución de la obra.

- **104.7 SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

El contratista está obligado a cumplir los quesitos mínimos de seguridad que se han redactado en el presente proyecto. Son de obligado cumplimiento según el Real Decreto 162/1997 del 24 de Octubre.

- **104.8 LIMPIEZA Y CULMINACIÓN DE OBRAS**

Una vez terminada las obras de reacondicionamiento, se deberá limpiar la zona, se retirará los materiales que han sobrado o se han desechado, los escombros que no han sido recogidos por la pala y obras auxiliares que han facilitado las labores de la obra.

En caso de haber ocupado terrenos aldeanos a la obra en donde se ha instalado almacenes temporales, deberán ser limpiados de forma su estado sea igual o parecido a como se encontraba al inicio de la instalación. Lo indica el artículo 9 de la O.M. de 31 de Agosto de 1987.

Esos trabajos adicionales deberán ser responsabilidad del Contratista ya que están incluidos en las unidades de la obra.

- **104.9 CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

El Contratista debe prestar atención a las al efecto que puede tener la ejecución de la obra así como las instalaciones auxiliares que se necesiten, la estética tiene del medio a través tiene que verse pobremente o nada reducida.

En caso de verse afectado notoriamente el medio a través de la zona donde se ha efectuado las obras o zonas cercanas a ella, el Contratista tiene la obligación de subsanar estos espacios.

- **104.10 PROTECCIÓN DE TRÁFICO**

En el tiempo de duración de la ejecución de las obras, se deberá colocar señales y balizamiento, en los puntos donde sean necesarios con el fin de mantener la seguridad vial de los conductores y del personal de las obras.

Esta norma viene determinada por el Reglamento de Circulación y Plan de Seguridad y Salud, así como por la Instrucción 8.3.-IC de 31 de Agosto de 1987.

La eficacia de esta acción se deberá a la buena elección de colocación de las señales y balizamiento en los distintos puntos. También dependerá de la eficacia de los vigilantes de señalización que el Contratista ha designado.

ARTÍCULO 105 RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA

- **105.1 DAÑOS Y PERJUICIOS**

La administración podrá exigir al Contratista que se reparen los daños que se han causado durante las obras.

El Contratista también tendrá el derecho de pedir un abono de gastos que de tal reparación deriven.

- **105.2 PERMISOS Y LICENCIAS**

El contratista tiene la obligación de obtener los respectivos permisos y licencias que sean necesarios para poder ejecutar las obras a excepción de los permisos de expropiaciones en donde la zona se ha visto afectada por las obras. El coste de tasas e impuesto derivados de la obtención de dichos permisos es responsabilidad del Contratista.

Del mismo modo, es responsabilidad del Contratista abonar costes de ocupación temporal o definitiva de terrenos, vertederos de escombros, obtención de materiales, etc.

ARTÍCULO 106 MEDICIÓN Y ABONO

- **106.1 MEDICIÓN DE LAS OBRAS**

La forma en que se medirán las obras así como sus unidades, vienen definidas en el cuadro de precios. El Director se encargará de la supervisión dichas obras que se llevarán a cabo abonándose solo las que él ordenó.

Además, notificará al Contratista la forma de ejecución que se ha de seguir para poder obtener una ordenata toma de datos para su posterior medición.

- **106.2 ABONO DE LA OBRAS**

Los precios unitarios de mediciones y abonos en donde se incluye el suministro, la manipulación y el empleo de material necesario, serán cubiertos por los precios unitarios fijados en el Contrato para cada unidad de obra.

En los precios establecidos en el Contrato, deberá incluirse también los gastos de maquinaria, la mano de obra, transporte y todas aquellas operaciones que se consideren necesarias para que una vez sumados, sean aprobados por la Administración.

- **106.3 VERTEDEROS**

El contratista tiene la obligación de obtener los respectivos permisos y licencias que sean necesarios. Del mismo modo, es responsabilidad del Contratista abonar costes de ocupación temporal o definitiva de terreno o vertederos de escombros.

Si el Contratista decide cambiar de la localización del vertedero previsto, se deberá redactar un informe en donde venga la nueva localización de este. Dicho informe será presentado al Director de la Obra para su aprobación y posterior a ésta, se remitirá a la Dirección General de Política Ambiental.

- **106.4 OBRAS DEFECTUOSAS**

En caso de que hubiese demolición y reconstrucción de zonas defectuosas, el Contratista deberá reconstruir dichas zonas de manera que cumpla el plazo del acuerdo establecido.

Estas obras no serán de abono, vienen incluidas en las unidades del Contrato.

• **106.5 OTROS GASTOS DE CUENTA DEL CONTRATISTA**

Si en el Contrato no viene explícitamente lo contrario, el Contratista deberá hacerse cargo de los siguientes gastos:

- Gastos de construcción y retirada de todo tipo de construcciones auxiliares.
- Gastos de alquiler de terrenos para el depósito de maquinaria y materiales.
- Gastos de limpieza de las obras.
- Gastos de suministro, colocación y conservación de señales de tráfico y balizamiento.
- Gastos de recursos necesarios para proporcionar mayor seguridad dentro de la obra.
- Gastos de los materiales utilizados en los correspondientes ensayos y pruebas.

PARTE II: UNIDADES DE OBRA ^[23]

1. MATERIALES BÁSICOS

CAPÍTULO I: CONGLOMERANTES

ARTÍCULO 202. CEMENTOS

- **202.1 CONDICIONES GENERALES**

El fabricante del deberá asumir la responsabilidad sobre la conformidad con prestaciones declaradas (CE) según lo dicta el Artículo 11 del Reglamento 305/2011 de 9 marzo de 2011.

El producto que tenga la marca CE deberá ir acompañado de las instrucciones e información de seguridad.

El Contratista podrá verificar los valores declarados en el documento CE del producto de manera que cumpla con las especificaciones declaradas en el proyecto. También se pueden verificar en este Pliego, en caso de incumplimiento de las características del producto, las medidas necesarias para garantizar la trazabilidad del producto que ha sido suministrado a la obra.

- **202.2 DENOMINACIONES**

El Director de la Obra deberá indicar el tipo de cemento que utilizará, así como su clase de resistencia y en casos particulares, las características del cemento especial que se utilizará en la obra.

Las normas de referencia de obligado cumplimiento para los cementos utilizados en obras de carreteras figuran en el Real Decreto 1313/1988 en donde viene la denominación en cuanto a su composición, designación, prescripciones y durabilidad.

- **202.3 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Se aplicará según lo establecido en la Norma UNE 80402 en cuanto a su transporte, almacenamiento y manipulación.

El cemento deberá ser transportado en una cisterna presurizada cualificada con movilidad neumática para su posterior almacenamiento.

El Director de la Obra podrá comprobar las veces que lo desee, las condiciones en las que se ha transportado el cemento y las condiciones en la que se encuentra almacenado. Esta comprobación deberá hacerse para que el material una vez puesto en obra, no pierda su calidad.

• **202.4 CONTROL DE CALIDAD**

En la recepción del cemento, se debe comprobar si estos son los especificados en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. En el control de la recepción se deben incluir obligatoriamente lo siguientes:

- Documentos de trazabilidad y etiquetado.
- Inspección visual de la cantidad suministrada.

Si el Director de la Obra lo requiere, existirá una tercera fase de control del cemento. Consistirá en hacer un ensayo de control de calidad del cemento según la Instrucción para la recepción de Cementos (RC).

• **202.5 MEDICIÓN Y ABONO**

La medición y el abono del cemento que se usará en la obra, se realizará según lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para la unidad de la obra en la cual vaya a formar parte o, en el cuadro de presupuestos del Proyecto.

CAPÍTULO II: METALES

ARTÍCULO 241 MALLAS ELECTRO SOLDADAS

• **241.1 MATERIALES**

El Director de la Obra deberá elegir el tipo de malla más adecuado que se utilizará en la restauración del recubrimiento del túnel pudiendo elegir también, mallas con características similares a las de la obra. Las mallas a elegir según el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el R.D. 1328/1995) son: mallas de acero con barras corrugadas o alambre corrugado.

Según el R.D. las barras o alambre no deberán presentar ningún tipo de deformidad que pueda comprometer la adherencia del hormigón proyectado.

- **241.2 SUMINISTRO**

Los paquetes que lleguen al punto de suministro, debe hacerlo con las indicaciones pertinente de mallado según dicta la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) o en su reemplazo, una normativa que lo sustituya.

- **241.3 RECEPCIÓN**

Cuando las mallas electro soldadas lleguen al punto de suministro, se realizará un ensayo de control de calidad según se indica en el Artículo 90.

El Director de la obra tendrá el derecho de aceptar o rechazar las mallas que no cumplan con lo especificado en el presente Pliego.

Además, podrá exigir una segunda verificación de control para determinar su calidad y homogeneidad.

- **241.4 MEDICIÓN Y ABONO**

La medición de malla electro soldada para recubrimiento de túneles se harán según se especifica en la unidad de la obra de la cual forme parte.

Por otro lado, se abonarán las mallas electro soldadas por kilogramos, es decir, de deberá pesar en un báscula debidamente contrastada la cantidad requerida en las obras

2. EXPLANACIONES

CAPÍTULO I: TRABAJOS PRELIMINARES

ARTÍCULO 301 DEMOLICIONES

- **301.1 DEFINICIÓN**

Se basa en el derribo o despegue de todo tipo de materiales indeseados procedente de cualquier elemento constructivo tales como: edificios, aceras, fábricas de hormigón u otros, con el fin de eliminar lo que sea necesario para la construcción de una nueva edificación.

Las operaciones más comunes son:

- Trabajos de preparación y protección.
- Derribo, fragmentación o desmontaje de construcciones.
- Retirada de material.

- **301.2 CLASIFICACIÓN**

Según el procedimiento de ejecución, las demoliciones pueden clasificarse del modo siguiente:

- Demolición con máquina excavadora.
- Demolición por fragmentación mecánica.
- Demolición con explosivos.
- Demolición por impacto de bola de gran masa.
- Desmontaje elemento a elemento.
- Demolición mixta.
- Demolición por otras técnicas.

- **301.3 ESTUDIO DE LA DEMOLICIÓN**

Previos a empezar la obra, el Contratista debe hacer un estudio de la demolición que se entregará al Director de la Obra para su aprobación.

Será lo dispuesto en la legislación vigente de materia ambiental, seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

- **301.4 EJECUCION DE LAS OBRAS**

- **301.4.1 Derribo de la construcción**

La persona enteramente responsable de las medidas de seguridad adoptadas, del cumplimiento de las disposiciones vigentes y de que no produzcan daños o perjuicios a construcciones o bienes en el entorno, será el Contratista.

El derribo deberá hacerse con cuidado, siguiendo las normas de seguridad establecidas en el Proyecto. Además, se deberá prestar mayor atención a las conducciones eléctricas. Al finalizar el día de trabajo, no debe quedar ningún elemento del derribo en un estado inestable o peligroso.

- **301.4.2 Retirada de los materiales de derribo**

El material procedente de la demolición deberá retirarse y ser llevado a los vertederos excepto cuando el Director de la Obra diga lo contrario y señale donde necesita que el material sea ubicado. Es posible que este material pueda reciclarse.

En los vertederos solo se desechará solo el material que se ha contemplado y especificado en el Proyecto, salvo especificación del Director de la Obra.

- **301.5 MEDICIÓN Y ABONO**

Todo tipo de demolición de debe abonar por metros cúbicos (m³). Este abono se considera incluido en el presupuesto del Proyecto: la demolición y su transporte a los vertederos o a algún lugar de empleo.

3. FIRMES

CAPITULO I: RIEGOS BITUMINOSOS

ARTÍCULO 530 RIEGOS DE IMPRIMACIÓN

- **530.1 DEFINICIÓN**

Se define como riego de imprimación a la aplicación de un ligante sobre una capa granular previa a la colocación de ésta de una capa bituminosa.

- **530.2 MATERIALES**

Será lo dispuesto sin perjuicio lo establecido en el Reglamento 305/2011 de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, en cual aparecen las condiciones de comercialización de productos de construcción.

Los productos que contengan el marcado CE, el fabricante del deberá asumir la responsabilidad de conformidad con prestaciones declaradas (CE) según lo dicta el Artículo 11 del Reglamento 305/2011 de 9 marzo de 2011.

El producto que tenga la marca CE deberá ir acompañado de las instrucciones e información de seguridad.

- **530.2.1 Emulsión bituminosa**

El tipo de emulsión que se aplicará deberá ser la que viene fijado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. En caso de no venir la especificación de la emulsión, se aplicará una emulsión C50BF4 IPM o C60BF4 IMP del artículo 214 siempre y cuando se haya comprobado su idoneidad y compatibilidad con la pared granular.

- **530.2.2 Árido de cobertura**
 - **530.2.2.1 Condiciones generales**

En riegos de imprimación generalmente se usará arena natural, arena proveniente del machaqueo o una combinación de ambas.

- **530.2.2.2 Granulometría**

El tamaño de grano a utilizar no será mayor del que pase por un tamizado de 4 mm e inferior a un tamiz de tamaño 0.063 mm. Norma de tamices UNE-EN 9331.

- **530.2.2.3 Limpieza**

El árido que se utilizará, debe estar exento de cual tipo de material vegetal.

- **530.2.2.4 Plasticidad**

El material deberá ser “no plástico”. Normas UNE 103103 y UNE 103104.

- **530.3 DOTACIÓN DE LOS MATERIALES**

La dotación del ligante bituminoso viene definida por las características de absorción que tenga la capa en donde se imprima al cabo de 24 horas. La absorción no debe ser inferior a 500 g/m² en ningún caso.

- **530.4 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

El equipo necesario para la ejecución de la obras será el dispuesto en la legislación vigente de materia ambiental, seguridad, salud y transporte. Será tanto para los equipos para la aplicación de la emulsión como equipos para la extensión del árido de cobertura.

Primero que todo, se deberá comprobar la superficie sobre la que se va a efectuar el riego de la imprimación para saber si cumple con las especificaciones

requeridas. Si no cumple se deberá corregirse de acuerdo con las especificaciones del presente Pliego.

En segundo lugar, se limpiará la superficie utilizando barredoras mecánicas o máquinas de aire a presión, de deberá tener una superficie libre de material suelto o perjudicial antes de la imprimación del ligante.

Cuando la superficie se encuentre limpia, se procederá a regara la superficie con el fin de humedecerla. Una vez humedecida dicha superficie y aprobada por el Director de Obra, se aplicará la emulsión de forma uniforme por toda la superficie.

- **530.5 MEDICIÓN Y ABONO**

El ligante de imprimación deberá ser abonado de acuerdo con lo que se ha regado en la superficie de obra. En el abono se incluirá la preparación de la superficie y la aplicación de la emulsión.

4. TÚNEL

CAPITULO I: OBRA CIVIL DEL TÚNEL

ARTÍCULO 903 SOSTENIMIENTO EN TÚNELES

- **903.1 DEFINICIÓN**

Se define como sostenimiento a las operaciones de contención y apuntalamiento de excavaciones en un túnel en donde las fases son de avance y destroza o a sección completa. Los elementos más usados en el sostenimiento son: hormigón proyectado, mallazo, cerchas, bulones, etc.

- **903.2 CONDICIONES GENERALES**

- **903.2.1 Tipos de sostenimiento**

Los elementos a colocar en la sección del túnel para garantizar la seguridad y estabilidad dentro son de dos tipos:

1. Sostenimientos ordinarios colocados durante la excavación de avance y destroza.
2. Elementos singulares o de refuerzo.

Los elementos singulares son los que se colocan en secciones ya excavadas en donde el comportamiento a través de las medidas de convergencia y la inspección de pequeñas grietas o fallas, aconsejan un refuerzo adicional. La ejecución de los refuerzos adicionales se hará bajo la autorización del Director de la Obra.

Salvo que el Director de la Obra diga lo contrario, se seguirá el Nuevo Método Austriaco de Construcción de Túneles (NATM) en donde método de construcción es: voladura, sostenimiento temporal, inspección visual y saneamiento y por último, sostenimiento final.

- **903.3 EJECUCIÓN DE LA UNIDAD**

Se proyectará un capa de sellado de hormigón proyectado de entre 3 a 5 cm de espesor. Este proceso de llevará a cabo una vez se haya saneado la superficie para garantizar la estabilidad de la sección y evitar con ello, los fenómenos de venteo y alteración que dan lugar a desprendimientos inesperados en la zona de ejecución.

El espesor de los sostenimientos temporal de seguridad se incluye en el espesor de la capa de sostenimiento total que será entre 3 y 5 cm.

El contratista tendrá la obligación de realizar los sostenimientos de seguridad necesarios para evitar posible accidentes de desprendimiento, lo hará bajo la supervisión del Director de la Obra.

- **903.4 MALLAS ELECTRO SOLDADAS**

El mallazo junto con el hormigón proyectado o gunita, constituyen la parte principal del sostenimiento de la estructura de superficie. La cantidad necesaria a utilizar se definirá a lo largo de toda la obra siendo la Dirección la que se encargue de definirla o modificarla si ya se encuentra reflejarla en planos del proyecto.

- **903.4.1 Materiales**

El Director de la Obra deberá elegir el tipo de malla más adecuado que se utilizará en la restauración del recubrimiento del túnel pudiendo elegir también, mallas con características similares a las de la anterior obra.

Las mallas a elegir según el Real Decreto 1630/1992 (modificado por el R.D. 1328/1995) son: mallas de acero con barras corrugadas o alambre corrugado.

Según el R.D. las barras o alambre no deberán presentar ningún tipo de deformidad que pueda comprometer la adherencia del hormigón proyectado.

- **903.4.2 Puesta en obra**

La malla deberá ser puesta a una distancia entre 2 y 7 cm como con respecto a la pared y los puntos de sujeción como mínimo 2 por m². Además, el acero de la malla deberá ser cubierto como mínimo por 3 cm de hormigón proyectado.

Cuando se tiene roca con buenas características de dureza, se podrá sujetar la malla con clavos ``spit``. En caso de que no, se deberá utilizar anclajes cortos de entre 20 y 30 cm de longitud y 8 mm de diámetro.

- **903.5 HORMIGÓN PROYECTADO**

- **903.5.1 Características básicas**

- El hormigón proyectado será por vía húmeda.
- Resistencia característica a los 28 días con una dureza de 30 N/mm².
- La proyección será mecanizada.
- Aditivos: plastificantes, fluidificantes, humo de sílice (microsílice) y acelerantes o activadores.

La ejecución del hormigón proyectado es responsabilidad del Contratista, se deberá contar con el personal debidamente cualificado para que se encargue de la labor de proyección.

En caso de que el Director de Obra considere al personal encargado de la proyección del hormigón ``no cualificado``, podrá suspender la ejecución. El Contratista es enteramente responsable, deberá contratar nuevo personal o formarlos.

La maquinaria elegida para la proyección del hormigón, es de libre elección para del Contratista, no obstante, previa a su puesta en obra, deberá presentar un informe al Director de la obra, de las características de la maquinaria así como el modo de ejecución del hormigón para su aprobación.

Entes de la ejecución se deberá realizar una serie de ensayos (3-5) fuera del túnel. De esta manera se conseguirá que los operarios practiquen y además, se ajustará la dosificación en base a lo que se pide en el proyecto.

El Director de Obra es la única persona que autorizará las operaciones de gunitado en el túnel.

Una vez que se haya conseguido que los operación practiquen y la autorización del D.O se lleva a cabo la proyección de la gunita. Se hará en principio una prueba en el interior en donde se comprobará la idoneidad del trabajo, espesor, acabado, etc. Conseguida la finalidad deseada, se firmará un documento de conformidad tanto el Contratista como el Director de la Obra.

- **903.5.2 Materiales básicos**

El material del cual se dispondrá en la obra, deberá ser propuesto por el Contratista para ser aprobado por el Director de la Obra. Deberá aportar datos y ensayos que garanticen con lo que se propone en el presente Pliego.

Cemento

El cemento que se utilizará en la obra será el que venga fijado en el Presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Se usará cemento Portland tipo II

- CEM II-42.5

En caso de que las circunstancias aconsejen usar otro tipo de cemento, la Dirección deberá determinar el tipo y la categoría del nuevo cemento que se podrá en obra.

Agua

En cuanto al agua, la Dirección deberá tomar muestras del agua que se utilizará para garantizar su idoneidad y su uniformidad en el abastecimiento para la plante donde se realizará el hormigón proyectado.

Áridos

Deben ajustarse a las características establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Preferentemente se usará áridos naturales de canto rodado con tamaños comprendidos entre los 8 y 12 mm. Esto se debe a que disminuyen notablemente el mantenimiento de la máquina de proyección.

Por otro lado, también se puede utilizar áridos procedentes de machaqueo o una mezcla entre los dos.

Aditivos

La procedencia de los aditivos elegidos para el hormigón, es de libre elección para el Contratista, no obstante, previa a su puesta en obra, deberá presentar un informe al Director de la Obra, de las características de los aditivos así como el modo de empleo en hormigón para su aprobación.

Las características de estos aditivos deberán ajustarse a las de la Instrucción EHE-08 y ser compatibles perfectamente con el cemento elegido y con los áridos.

No deben ser corrosivos para las mallas de acero que se utilizarán, no deben ser perjudiciales para la salud y por último, deben cumplir con los requisitos mínimos de control de calidad de la obra. La cantidad que se utilizará será la recomendada por el fabricante.

Ensayos de campo

Para saber la consistencia del hormigón fresco, previo a su puesta en obra, se medirá mediante Cono de Abrams (UNE 83-313-90). Se aceptará valores de asiento entre 120-150 mm. En caso de no cumplir con los valores establecidos, se procederá a dosificar o reducir su fraguado.

• 903.6 CONTROL DE CALIDAD

El hormigón proyectado será controlado durante su puesta en obra, el control será tanto como de los materiales hasta el espesor de hormigón sobre la pared del túnel.

Dentro de los materiales que componen el hormigón proyectado se encuentran: el cemento portland CE y aditivos. Estos materiales no serán objetivo de seguimiento específico, son materiales de elaboración industrial los cuales deberán ser verificados y analizados por la Dirección.

Por otro lado, los áridos serán objetivo de continuos controles de calidad, se realizarán muestreos para comprobar su cumplimiento con lo establecido.

El control de las características de resistencia de la gunita se hará mediante el muestreo de probetas las cuales deberán ser recogidas en el campo. Se harán dos tipos de ensayos:

1. Ensayo a 24 horas.

Deberán ser 3 probetas de 10x10x10 cm.

2. Ensayos 3, 7 y 28 días.

Deberán ser 9 probetas de 6 cm de diámetro por 15 cm de altura. Se usarán 3 probetas al tercer día, 3 al séptimo y 3 a los 28 días.

El resultado de los ensayos de la resistencia a la compresión obtenidos deberán ser iguales o superiores a los resultados exigidos. En caso de no cumplir con estos resultados, la Dirección tomará las medidas oportunas.

• **903.7 MEDICIÓN Y ABONO**

Será lo establecido en el cuadro de precios.

- Hormigón proyectado (gunita)
- Malla electrosoldada de acero

El hormigón se medirá dependiendo del tipo de sostenimiento que haya definido, es decir, dependerá el espesor de la capa de hormigón que se proyectará en la pared del túnel.

La malla electrosoldada se medirá en kilogramos adicionados a la gunita y deberá ser la especificada en los planos.

Los precios de abono están comprendidos desde el uso de materiales como: cemento, áridos, aditivos, etc. Hasta la proyección del hormigón: preparación de la superficie, maquinaria de transporte del hormigón, mano de obra, sistemas auxiliares, etc.

PARTE III: DISPOSICIONES GENERALES ^[23]

1. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo que se ha estimado para la ejecución de las obras es de **CINCO (5) DÍAS**, el Contratista estará obligado a cumplir con las obligaciones a su cargo, debe precisar que el plazo de ejecución contractual se encuentra comprendido dentro del plazo de vigencia del contrato.

2. PLAZO DE GARANTÍA

Según lo establecido en la Ley de Ordenación de la Edificación (LEO), el plazo de garantía para los acabados de revestimiento de túneles es de **UN (1) AÑO**.

DOCUMENTOS Nº4 PRESUPUESTOS

CAPÍTULO 1

Mediciones

CAPÍTULO 2

Cuadro de precios nº1

CAPÍTULO 3

Cuadro de precios nº2

CAPÍTULO 4

Precios parciales

CAPÍTULO 5

Presupuesto base de licitación

CAPÍTULO 1: MEDICIONES

1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

1.1.1 TRABAJOS PREVIOS

1.1.1.1 m². Despegue del terreno

Despegue del terreno por medios mecánicos incluso carga y transporte de escombros a vertederos.

2 507.53

2 507.53

1.2 MATERIALES

1.2.1 SOSTENIMIENTO DEL TÚNEL

1.2.1.1 m³. Hormigón proyectado

7 centímetros de espesor con CEM II/A-D Portland con humo de sílice, áridos especiales y aditivos. Además, incluye fibra de acero (75kg/m³) que mejora su resistencia hasta 400 kg/cm². Se incluye el transporte, la preparación de la superficie y proyección del hormigón.

219.39

219.39

1.2.1.2 m³. Riego de imprimación

Será de entre 2-3 milímetros de espesor. Cubrirá pequeños agujeros y grietas de la superficie, también ayudará a adherirse mejor el hormigón sobre la superficie.

50

50

1.2.1.3 kg. Malla electrosoldada

Malla electrosoldada de acero galvanizado de 5 milímetros de diámetro y de 20 x 20 milímetros de luz de malla.

350

350

1.3 SEGURIDAD Y SALUD

1.3.1 u. Partida alzada de Seguridad y Salud

La partida alzada de Seguridad y Salud se encuentra justificada en el anejo correspondiente. Anejo 10, Tabla 10.1.

1

1

CAPÍTULO 2: CUADRO DE PRECIOS Nº1

1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

1.1.1 TRABAJOS PREVIOS

1.1.1.1 m². Despegue del terreno

Despegue del terreno por medios mecánicos incluso carga y transporte de escombros a vertederos.

4.30

CUATRO EUROS con TREINTA CÉNTIMOS

1.2 MATERIALES

1.2.1 SOSTENIMIENTO DEL TÚNEL

1.2.1.1 m³. Hormigón proyectado

7 centímetros de espesor con CEM II/A-D Portland con humo de sílice, áridos especiales y aditivos. Además, incluye fibra de acero (75kg/m³) que mejora su resistencia hasta 400 kg/cm². Se incluye el transporte, la preparación de la superficie y proyección del hormigón.

221.50

DOS CIENTOS VEINTIUNO EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

1.2.1.2 m³. Riego de imprimación

Será de entre 2-3 milímetros de espesor. Cubrirá pequeños agujeros y grietas de la superficie, también ayudará a adherirse mejor el hormigón sobre la superficie.

37.20

TREINTA Y SIETE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS

1.2.1.3 kg. Malla electrosoldada

Malla electrosoldada de acero galvanizado de 5 milímetros de diámetro y de 20 x 20 milímetros de luz de malla.

8.51

OCHO EUROS con CINCUENTA Y UNO CÉNTIMOS

1.3 SEGURIDAD Y SALUD

1.3.1 u. Partida alzada de Seguridad y Salud

La partida alzada de Seguridad y Salud se encuentra justificada en el anejo correspondiente. Anejo 10, Tabla 10.1.

2 366.74

DOS MIL TRECIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

CAPÍTULO 3: CUADRO DE PRECIOS Nº2

1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

1.1.1 TRABAJOS PREVIOS

1.1.1.1 m². Despegue del terreno

TOTAL PARTIDA..... 4.2

1.2 MATERIALES

1.2.1 SOSTENIMIENTO DEL TÚNEL

1.2.1.1 m³. Hormigón proyectado

Materiales..... 221.50
Maquinaria..... 35.80
Mano de obra..... 12.3
Suma..... 270.50
Costes indirectos 6%..... 16.23

TOTAL PARTIDA..... 286.73

1.2.1.2 m³. Riego de imprimación

Materiales..... 37.20
Maquinaria..... 35.80
Mano de obra..... 10.3
Suma..... 83.30
Costes indirectos 6%..... 4.99

TOTAL PARTIDA..... 88.29

1.2.1.3 kg. Malla electrosoldada

Materiales..... 8.51
Mano de obra..... 3.72
Suma..... 12.23
Cortes y soldaduras 20%..... 1.46
Costes indirectos 6%..... 0.73

TOTAL PARTIDA..... 14.42

1.3 SEGURIDAD Y SALUD

1.3.1 u. Partida alzada de Seguridad y Salud

TOTAL PARTIDA..... 2 366.74

CAPÍTULO 4: PRECIOS PARCIALES

1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

1.1.1 TRABAJOS PREVIOS

1.1.1.1 m². Despegue del terreno

2 507.53

2 507.53

2 507.53

4.2

10 531.62

TOTAL 1.1.1.1.....

10 531.62

1.2 MATERIALES

1.2.1 SOSTENIMIENTO DEL TÚNEL

1.2.1.1 m³. Hormigón proyectado

219.39

219.39

219.39

286.73

62 905.69

TOTAL 1.2.1.1.....

62 905.69

1.2.1.2 m³. Riego de imprimación

50

50

50

88.29

4 414.50

TOTAL 1.2.1.2.....

4 414.50

1.2.1.3 kg. Malla electrosoldada

350

350

350

14.42

5 047.00

TOTAL 1.2.1.3.....

5 047.00

1.3 SEGURIDAD Y SALUD

1.3.1 u. Partida alzada de Seguridad y Salud

1

1.00

1.00

2 366.74

2 366.74

TOTAL 1.3.1..... 2 366.74

CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

5.1 RESUMEN DE PRESUPUESTOS

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	10 531.62
1.2	MATERIALES.....	72 367.19
1.3	SEGURIDAD Y SALUD.....	2 366.74
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL		85 265.55
	13% Gastos generales	11 084.52
	15% Beneficio industrial	12 789.83
	Suma.....	23 874.35
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		109 139.90
	21% IVA.....	22 919.37
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		132 059.27

El presupuesto base de licitación asciende a la cantidad de **CIENTO TREINTA Y DOS MIL CINCUENTA Y NUEVE EUROS con VEINTISIETE CÉNTIMOS.**

DOCUMENTOS Nº5

BIBLIOGRAFÍA

-
- ABELLA, A., GARCÍA-ARANGO, I., y HACAR, F, 2011. *El túnel, un paso más en el camino. Seguridad, Normativa e Instalaciones*. Primera edición. Asturias: Bodelon, Guillermo, 2012. ISBN: 978-84-615-6491-0. [20]
 - ABANDO SECO, D. 2015. Proyecto de ejecución de túnel carretero en la N-611. Trabajo Fin de Grado. Torrelavega: Escuela Politécnica de Minas y Energía. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10902/7920> [1]
 - *Agencia Estatal de Meteorología*. Estudio Climático de España y Cantabria. [consulta: 21 junio 2019], disponible en: <https://www.aemet.es> [10]
 - AMALIO MAESTRE. *Descripción Física y Geológica de la Provincia de Santander*. Primera edición. D.F Gamayo, 1864. Digitalizado: 12 Feb 2010. [16]
 - BUSTILLOS REVUELTA, MANUEL. 2007. Hormigones y Morteros. Madrid: Fuego Editores, 2008. ISBN: 978-84-935279-1-4. [22]
 - *Carreteras de Cantabria*. Consejería de Obras Públicas, Ordenación del Territorio y Urbanismo. © 2019 [consulta: 14 junio 2019]. Disponible en: <https://www.carreterasdecantabria.es> [3]
 - *Cantabria*. Comarcas, Municipios, Transporte y Comunicaciones. [consulta: 15 junio 2019]. Disponible en: <https://www.cantabria.es> [7]
 - CLIMATE-DATA.ORG. *Climate Data Caldas del Besaya*. [consulta: 28 junio 2019]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/europe/espana/cantabria/las-caldas-del-besaya-210021/> [13]
 - *El Diario Montañés*, Accidentes en N-611 ©2019 [consulta: 1 junio 2019]. Disponible en: <https://www.eldiariomontanes.es> [4]
 - *El Diario Cantabria*, Accidentes en la A-67. ©2019 [consulta: 12 junio 2019]. Disponible en: <https://www.eldiario.es> [5]
 - FOMENTO, Gobierno de España. 17. *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales*, 17.1 PG-3. Madrid: Ministerio de Fomento [en línea]. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es/carreteras/normativa-tecnica/17-pliegos-de-prescripciones-tecnicas-generales> [23]
 - GARCÍA BERMÚDEZ, P., VAQUERO DÍAS, I., LEÓN, A., y MATARRANS, T. 2011. *Manual de Túneles y Obras Subterráneas, Tomo I*. Primera edición. Madrid: López Jimeno, Carlos, 2012. ISBN: 978-84-96140-35-6. [19]
 - GONZÁLEZ de VALLEJO, LUIS I, ET AL., 2002. *Ingeniería Geológica* [en línea]. Madrid: Capella, Isabel. pp.240-259. pp.274-278. pp.508-532. [consulta: 14 agosto 2019]. Disponible en:

<https://www.u->

[cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/Ingenieria_Geologica - Gonzalez de Vallejo.pdf](https://www.u-cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/Ingenieria_Geologica_-_Gonzalez_de_Vallejo.pdf) [17]

- J. POZUELOS (2014). *N-611 Palencia – Santander*. [consulta: 13 junio 2019]. Disponible en: <https://route-1963.blogspot.com/2014/07/n-611-palencia-santander.html> [6]

- *Mapa topográfico de España*. Topografía de Cantabria y Caldas del Besaya. [consulta: 17 junio 2019]. Disponible en: <https://www.geamap.com> [9]

- *Mapa Geológico de España*. Hoja 58/18-05. LOS CORRALES DE BUELNA. Dirección y Supervisión del IGME año de realización de la Cartografía Geológica: 1974 [en línea]. Disponible en: http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/jpgs/d0_G50/Editado_MAGNA50_58.jpg [14]

- Nota Técnica Nº 10 AEMET. *Termopluviometría de Cantabria durante el Período 1981-2010*. Ancell R. & Guillén E., 2013, [en línea]. Disponible en: https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/421/1/NT_10_AEMET.pdf [12]

- *Open Course Ware*. Geología de Cantabria [en línea]. Autor: José Ramón de Díaz Mira, disponible en: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1394/course/section/1770/tema15.pdf> [15]

- *Open Course Ware*. Ley de Darcy. Autor: F. Javier Sánchez San Román-Dpto Geología-Universidad de Salamanca (España) [en línea]. Disponible en: http://ocw.usal.es/ciencias-experimentales/hidrologia/contenidos/08.Ley_Darcy.pdf [17]

- RAMÍREZ OYANGUREN, P. y ALEJANO MONGE, L. 2007. *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Primera edición. Madrid: Ricardo Castroviejo y José Espí, 2008. pp.147-164. ISBN: 84-96398-17-X. [18]

- *Red de Carreteras del Estado*. Ministerio de Fomento, © 2019 [consulta: 13 junio 2019]. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es/carreteras> [2]

- *Santander Meteorology Group*. Estudio climático de Cantabria [consulta: 19 junio 2019]. Disponible en: <https://www.meteo.unican.es/en/projects/escenariosCantabria> [11]

- *Turismo de Cantabria*. Transporte terrestre, marino y aéreo. [consulta: 15 junio 2019], Disponible en: <https://www.turismodecantabria.com> [8]

-
- USABIAGA, M., PINILLOS, L., RAMÍREZ, P., MARTIN, F. y ARROYO, JC, 2014.
Diseño, Fabricación y Puesta en Obra del Hormigón Proyectado en Obras Subterráneas
[en línea]. Disponible en: http://www.aetos.es/wp-content/uploads/2014/06/AETOS-WG-6-Hormigon-Proyectado_BORRADOR-JORNADA-17-DE-JUNIO.pdf [21]